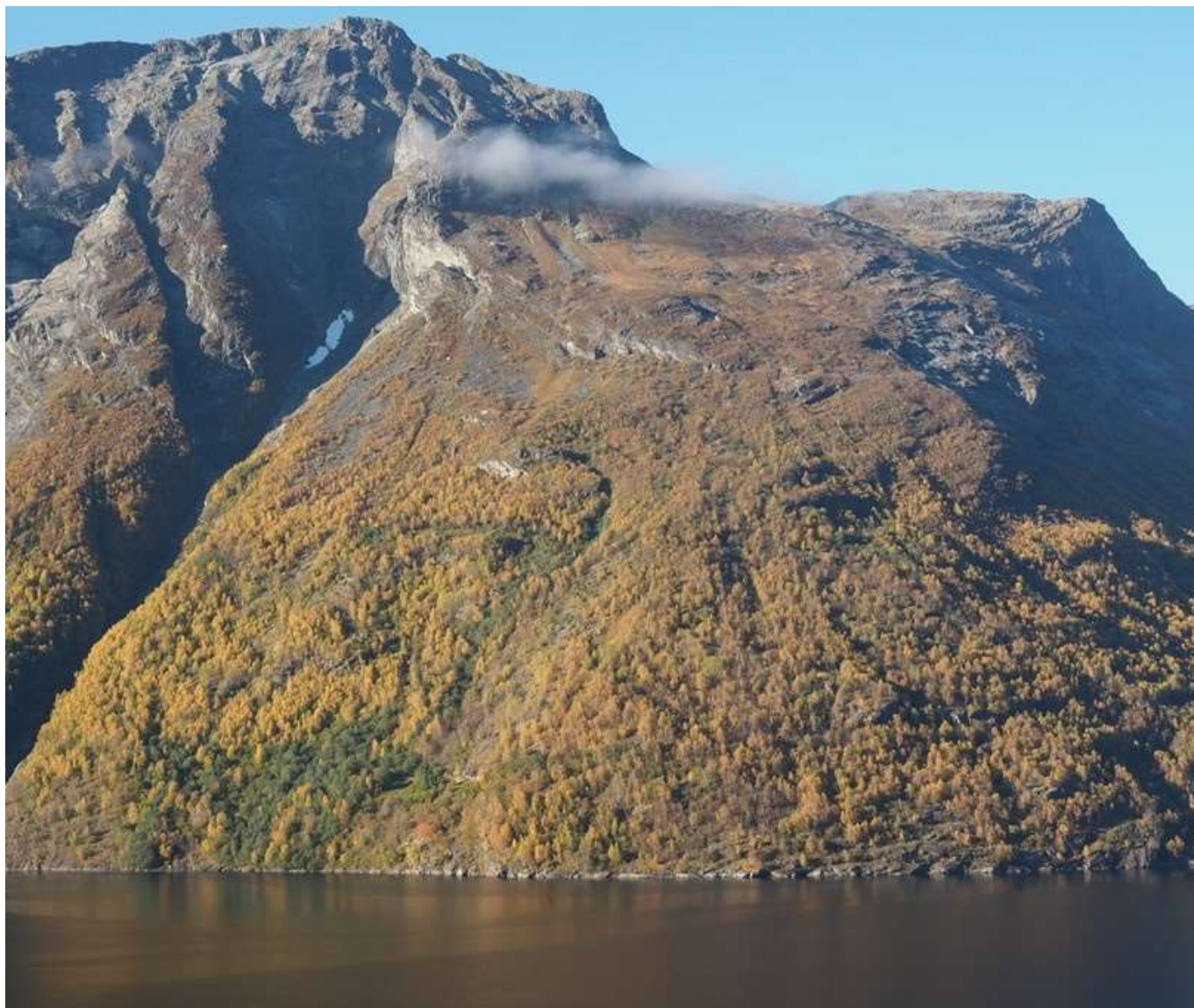


Norges vassdrags- og energidirektorat

► Forprosjekt Åknes drenering

Alternativvurdering av dreneringsløsninger

Oppdragsnr.: 52309571 Dokumentnr.: FELLES-RAP-01 Revisjon: J01 Dato: 2024-11-01



Forprosjekt Åknes drenering

Alternativvurdering av dreneringsløsninger

Oppdragsnr.: 52309571 Dokumentnr.: FELLES-RAP-01 Revisjon: J01

Oppdragsgiver: Norges vassdrags- og energidirektorat
Oppdragsgivers kontaktperson: Idun Nessestrand Vefring
Rådgiver: Norconsult Norge AS
Oppdragsleder: Pernille Ibsen Lervåg
Fagansvarlig: Nicole Ragvin (ingeniørgeologi), Torbjørn Andersen (anleggsteknikk), Katherine Aurand (hydrologi), Clara Sena (hydrogeologi), Pernille Ibsen Lervåg (arealplan)
Andre nøkkelpersoner: Marianne Kanestrøm Rødseth (ingeniørgeologi), Olve Skjerdal Lysne (anleggsteknikk), Øyvind Høydal (skred), Steinar Myrabø (hydrologi), Kine Hagelund Svendby (hydrologi), Sophie Schneider (hydrologi), Marius Fiskevold (landskap), Vetle Lindgren (naturmiljø), Eirik Herdlevær (kulturmiljø).

Revisjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent
B01	2024-06-14	Utkast til ekspertgruppe	SNR, ToAnd, StMyr, ClaSen, PerLer, OlvLys, SopSch, MaKRo		
C02	2024-10-14	For gjennomgang hos oppdragsgiver	ClaSen, PerLer, OlvLys, KatAur, SopSch, MaKRo, OeyHoe, SNR	SNR, KJT, ToAnd, KinSve	PerLer
J01	2024-11-01	For oversendelse til NVE	PerLer, SNR	ToAnd, KatAur	PerLer

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

Sammendrag

Norconsult Norge AS er engasjert av Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) til å utarbeide teknisk forprosjekt og reguleringsplan for dreneringstiltak i det ustabile fjellpartiet Åknes.

Fjellpartiet Åknes i Stranda kommune i Møre og Romsdal er det ustabile fjellpartiet i Norge med høyest kjent risiko. Et skred fra hele det ustabile fjellpartiet er vurdert til å ha et volum på om lag 54 millioner kubikkmeter, og i det mest alvorlige scenarioet er den medfølgende flodbølgen estimert å være henholdsvis 85 meter og 70 meter i de nærmeste bygdene Hellesylt og Geiranger. I alt 10 kommuner i Storfjordregionen vil bli berørt av flodbølgen i det mest alvorlige scenarioet.

Målinger av bevegelse i baksprekken på Åknes startet på 1980-tallet, og det er utført kontinuerlig overvåkning av det ustabile fjellpartiet siden starten av 2000-tallet. I perioder med langvarig nedbør eller snøsmelting øker grunnvannstrykket, og det er målt å være en kobling mellom økt grunnvannstrykk og økt bevegelse i skredområdet. Lavere bevegelseshastighet antas å føre til lavere sannsynlighet for et fjellskred. Tiltakene som Norconsult har sett på for å hindre utrasing retter seg mot å senke grunnvannstrykket, enten ved å hindre vanntilstrømning og/eller drenere ut grunnvann for å senke trykket.

Det tekniske forprosjektet er inndelt i flere faser. Etter en innledende silingsprosess i starten av 2024 har det vært arbeidet videre med ulike tiltak på et overordnet nivå, og forslag til tiltak har vært vurdert og diskutert både med en ekstern internasjonal ekspertgruppe samt med aktuelle entreprenører.

Denne rapporten beskriver vurderte løsninger på en systematisk måte, og peker i kapittel 7 på anbefalte tiltak for videre detaljering i forprosjektet.

Hovedtiltaket som anbefales er en ca. 8,5 kilometer lang dreneringstunnel med påhugg ved Høgghaugen i Strandadalen. Dreneringstunnel er en velprøvd metode for drenering av fjellskredområder internasjonalt og erfaringene tilsier at dette er en robust metode som har god effekt.

Adkomsttunnelen fra Høgghaugen inn til skredområdet er ca. 3 - 3,5 km. I skredområdet er det tenkt å drive tunnelen på stigning (1:7) med hårnålsvinger mot øvre del av skredområdet, og på synk (1:7) mot nedre del av skredområdet.

Det vil ta flere år før en slik tunnel vil kunne være etablert, og det er derfor i tillegg foreslått avskjæringsgrøfter for bortledning av overflatevann oppstrøms baksprekken, samt dreneringshull fra dagen i fotsonen av det ustabile partiet. Det er større usikkerhet knyttet til den tekniske gjennomføringen samt dreneringseffekten av grøfter og dreneringshull, men en kombinasjon av tiltak anses å være en fordel og bidra til redusert usikkerhet. I tillegg vurderes etablering av avskjæringsgrøfter og dreneringshull i fotsonen som aktuelle tiltak som vil kunne etableres før en tunnel blir ferdig bygget.

I fase 2 skal det utarbeides et forprosjekt med tilhørende kostnadsoverslag. Forprosjektet skal danne grunnlag for en detaljreguleringsplan og en eventuell investeringsbeslutning.

Innhold

1	Innledning	6
1.1	Utfordringer knyttet til det ustabile fjellpartiet Åknes	6
1.2	Bakgrunn for forprosjekt Åknes drenering	7
1.3	Dreneringsprosjektets mål	8
1.4	Forprosjektets ulike faser	9
1.5	Vurderingskriterier for valg av alternativ i fase 1	10
1.6	Formål med denne rapporten	10
2	Metode for vurdering og siling av alternativ i fase 1	11
2.1	Innledende tverrfaglig idémøte i lag med NVE mars 2024	11
2.2	Tverrfaglig samarbeid	11
2.3	Befaringer	11
2.4	Markedsdialog	12
2.5	Dialog med internasjonal ekspertgruppe	12
2.6	Vurdering av georisiko samt SHA	13
2.7	Verifisering av tiltak og vurdering av effekt	14
2.7.1	Verifisering av tiltak	14
2.7.2	Vurdering av effekt før tiltak er etablert	15
2.8	Utvikling av vurderingsmatrise	16
2.9	Beslutningsmøte oktober 2024	17
3	Datagrunnlag	18
3.1	Rapporter og data fra instrumentering	18
3.2	Tidsserier for målt grunnvannstand	19
3.3	Hydraulisk ledningsevne i oppsprukken bergmasse	21
3.4	Kotekart for grunnvannstand	22
3.5	Grunnvannsdannelse og grunnvannsbalanse	23
3.5.1	Konseptuell modell og estimert rate for grunnvannsdannelse	23
3.5.2	Konseptuell modell for grunnvannstrømningsmodellering i MODFLOW	25
3.6	Terrengdata	26
3.7	Klimadata (nedbør og snøsmelting)	26
3.8	Måledata for vannbalansen oppstrøms baksprekken	26
4	Grunnforhold	27
4.1	Topografi og løsmasser	27
4.2	Berggrunn	27
4.2.1	Bergarter og detaljoppsprekking	27
4.2.2	Generelle ingeniørgeologiske forhold	28
4.2.3	Skjærsoner i Åknes skredområde	29

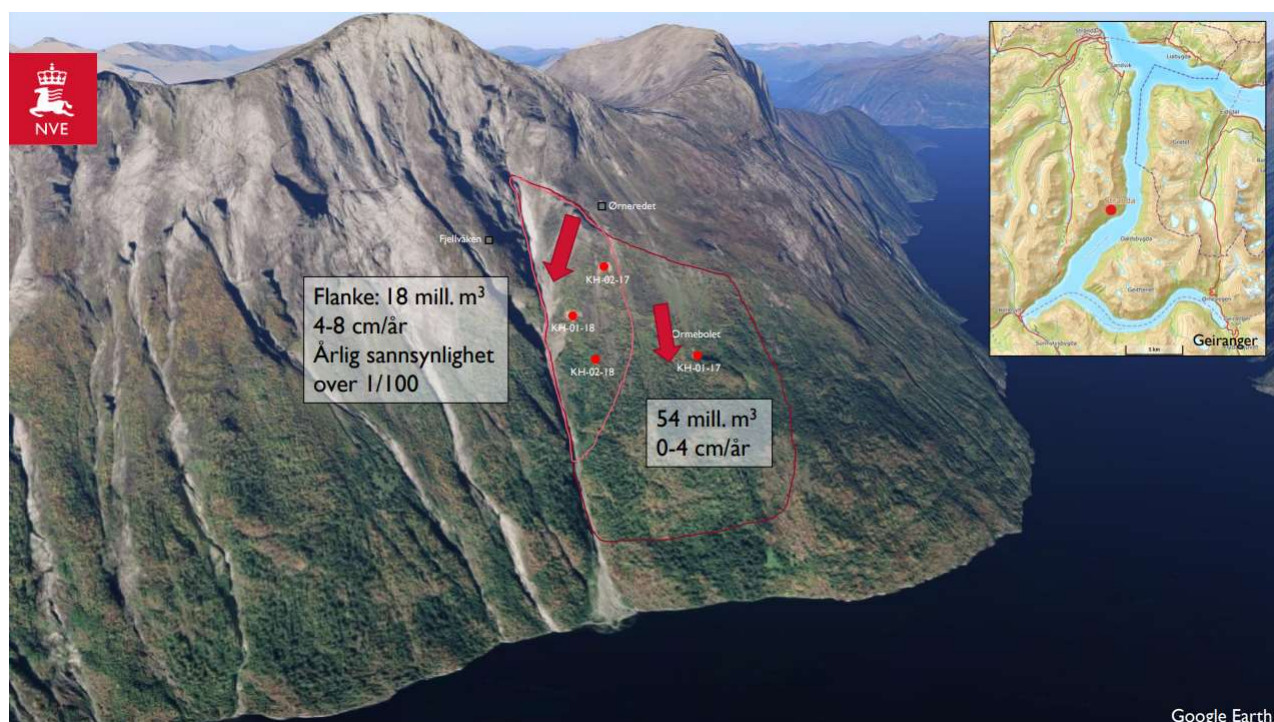
4.3	Avrennings-/dreneringsveier	31
4.3.1	Strandadalen	31
4.3.2	Åknes	33
4.4	Skredfare	34
4.4.1	Strandadalen	34
4.4.2	Åknes	34
5	Forutsetninger for prosjektering	37
5.1	Overordnede forutsetninger for dreneringsløsninger	37
5.2	Prioriteringsområder for drenering av grunnvann	37
5.3	Avskjæringsgrøfter	39
5.4	Dreneringstunnel	40
5.4.1	Geometri tunneltrasé	40
5.4.2	Tunneltverrsnitt	40
5.4.3	Forutsetninger for plassering av dreneringstunnelen i forprosjektet	41
5.4.4	Vibrasjonskrav	41
5.4.5	Undersøkelser og overvåking under bygging	42
5.4.6	Eventuell justering av trasé under bygging	42
5.4.7	Arealbehov riggområder ved tunnelpåhugg	42
6	Beskrivelse og vurdering av løsninger for drenering	43
6.1	Utvikling av løsninger	43
6.2	Grøfter for avskjæring og bortledning av overflatevann over baksprekk	43
6.2.1	Beskrivelse	43
6.2.2	Vurderinger	48
6.2.3	Alternativer vurdert og forkastet	49
6.3	Dreneringshull fra overflaten	49
6.3.1	Beskrivelse	49
6.3.2	Vurderinger	51
6.4	Dreneringshull fra overflaten i nedre del	53
6.4.1	Beskrivelse	53
6.4.2	Vurderinger	55
6.5	Dreneringstunnel – alternativer i skredområdet	56
6.5.1	Beskrivelse	56
6.5.2	Vurderinger	60
6.5.3	Alternativer vurdert og forkastet	61
6.6	Påhuggsplasseringer i Strandadalen	62
6.6.1	Beskrivelse	62
6.6.2	Vurderinger	70
6.6.3	Alternativer vurdert og forkastet	71
6.7	Alternativer for å lede vann fra tunnelen	72
6.7.1	Beskrivelse	72
6.7.2	Vurderinger	74

7	Sammenstilling og anbefaling	75
7.1	Innledning	75
7.2	Grøfter for avskjæring og bortledning av overflatevann	76
7.2.1	Sammenstilling – grøfter alternativ 2 og alternativ 3	76
7.2.2	Anbefaling	77
7.3	Dreneringshull fra overflaten	78
7.3.1	Sammenstilling – nedre del og i større deler av området	78
7.3.2	Anbefaling dreneringshull fra overflaten i større deler av skredområdet	79
7.3.3	Anbefaling dreneringshull i nedre del	79
7.4	Dreneringstunnel	80
7.4.1	Sammenstilling	80
7.4.2	Anbefaling	81
7.5	Påhuggsalternativer i Strandadalen	82
7.5.1	Sammenstilling – Nakken, Høggaugen nord og Høggaugen sør	82
7.5.2	Anbefaling	82
7.6	Aktuelle kombinasjoner	83
7.7	Videre arbeid	83
7.7.1	Grunnvannstrømningsmodellering	83
7.7.2	Vurdering av behov for grunnundersøkelser før bygging	84
8	Referanser	85
9	Vedlegg	87
9.1	Vedlegg 1: Rapport fra idémøte 14. mars 2024	87
9.2	Vedlegg 2: Tidsserier for målt grunnvannstand	87
9.3	Vedlegg 3: Vurderinger av dreneringstunnelens plassering under skredområdet	87
9.4	Vedlegg 4: Arbeidsgrunnlag hydrologi	87
9.5	Vedlegg 5: Befaringsnotat hydrologi – Åknes	87
9.6	Vedlegg 6: Vurderingsmatriser	87
9.7	Vedlegg 7: Tidligfase georisiko- og SHA-vurdering	87
9.8	Vedlegg 8: Referat fra beslutningsmøte 21. – 22. oktober 2024	87

1 Innledning

1.1 utfordringer knyttet til det ustabile fjellpartiet Åknes

Fjellpartiet Åknes i Stranda kommune i Møre og Romsdal er det ustabile fjellpartiet i Norge med høyest kjent risiko. Vestre flanke, hvor det er registrert bevegelser på opp mot åtte centimeter årlig, og der antatt skredvolum ligger på 18 millioner kubikkmeter, er vurdert å ha høyest sannsynlighet for skred (se Figur 1-1).



Figur 1-1: Åknes - fjellsiden. Kilde: NVE v/Gustav Pless.

Et skred fra hele det ustabile fjellpartiet er vurdert til å ha et volum på om lag 54 millioner kubikkmeter, og i det mest alvorlige scenarioet er flodbølgen estimert å kunne bli henholdsvis 85 meter og 70 meter i de nærmeste bygdene Hellesylt og Geiranger. 10 kommuner i Storfjordregionen vil bli berørt av flodbølgen i det mest alvorlige scenarioet. Bølgen vil være ca. 7 meter høy når den kommer til Stranda sentrum, 6 meter på Sjøholt, 4 meter i Sykkylven, Spjelkavika og på Hareid, se Figur 1-2.

Det ble i 2015 i rapporten «Konsekvensanalyse Fjellskred fra Åknes» anslått at det er ca. 6500 mennesker som oppholder seg i evakueringssonen på dagtid [1]. I DSB-rapporten «Risikoanalyse av varslet fjellskred i Åknes» fra 2016 anslås det at de direkte økonomiske tapene etter et skred/flodbølge vil beløpe seg til i overkant av 7 milliarder kroner [2].

NVE overvåker det ustabile fjellpartiet ved Åknes. Dette er et omfattende arbeid, som krever mye ressurser både økonomisk og bemanningsmessig. De årlige driftskostnadene for dette arbeidet er på om lag 5 millioner kroner.

Det er etablert omfattende evakueringsplaner for flere av de kommunene som er berørte av et eventuelt skred. Det er store kostnader og mulig tap av store verdier knyttet til en evakuering. Det er knyttet en viss usikkerhet til varsling av farenivå. Fordi det er så mange faktorer som spiller inn, må NVE i en beredskapssituasjon legge

til grunn grenser med stor sikkerhetsmargin for å heve farenivået, slik at liv og helse alltid er ivaretatt. Det er sannsynlig at økt farenivå vil bli varslet flere ganger for så å bli justert ned igjen. Dette fører til at det er sannsynlig med flere evakueringer før en faktisk skredhendelse.

Det er lagt inn en faresone i alle arealplaner for de berørte kommunene, som gir restriksjoner for utbygging og utviklingen i oppskyllingssonen.



Figur 1-2: Kartet viser Åknes og estimerte bølgehøyder i Storfjordregionen for det mest alvorlige skredscenarioet. Figur lånt fra [1].

1.2 Bakgrunn for forprosjekt Åknes drenering

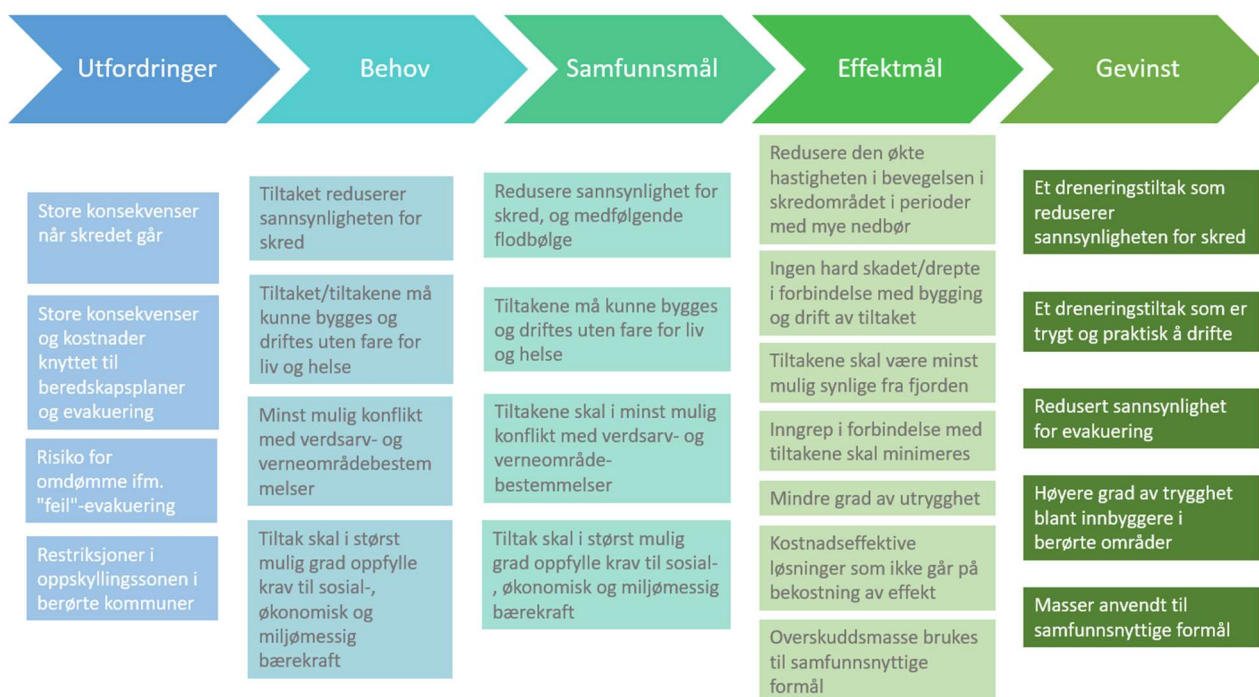
Norconsult Norge AS er engasjert av Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) til å utarbeide teknisk forprosjekt og reguleringsplan for dreneringstiltak i det ustabile fjellpartiet Åknes i Stranda kommune i Møre og Romsdal.

Grunnlaget for forprosjektet er et kunnskapsprosjekt som NVE gjennomførte i perioden 2017 – 2021 der mulighetene for drenering av det ustabile fjellpartiet Åknes ble undersøkt. Kunnskapsprosjektet konkluderte med at drenering av det ustabile fjellpartiet kan forventes å redusere sannsynligheten for skred, og på bakgrunn av dette har NVE fått et anmodningsvedtak fra Stortinget om å lage en plan for drenering.

Formålet med dreneringstiltakene er å bedre stabiliteten til det ustabile fjellpartiet ved å drenere ut vann fra berget og/eller redusere mengden overflatevann som strømmer ned berget og slik senke grunnvannsnivå og sprekevannstrykk. Det er aktuelt med både dreneringstunnel, dreneringshull og/eller avskjæring/bortledning av overflatevann.

1.3 Dreneringsprosjektets mål

NVE og Norconsult arbeidet ved oppstart av forprosjektet med å identifisere prosjektets utfordringer, behov, samfunns mål, effektmål og ønsket gevinst. Dette resulterte i punktene som er listet opp i Figur 1-3. Denne oppsummeringen/målene er utarbeidet for dreneringsprosjektet som helhet og kan videreføres etter forprosjektet.



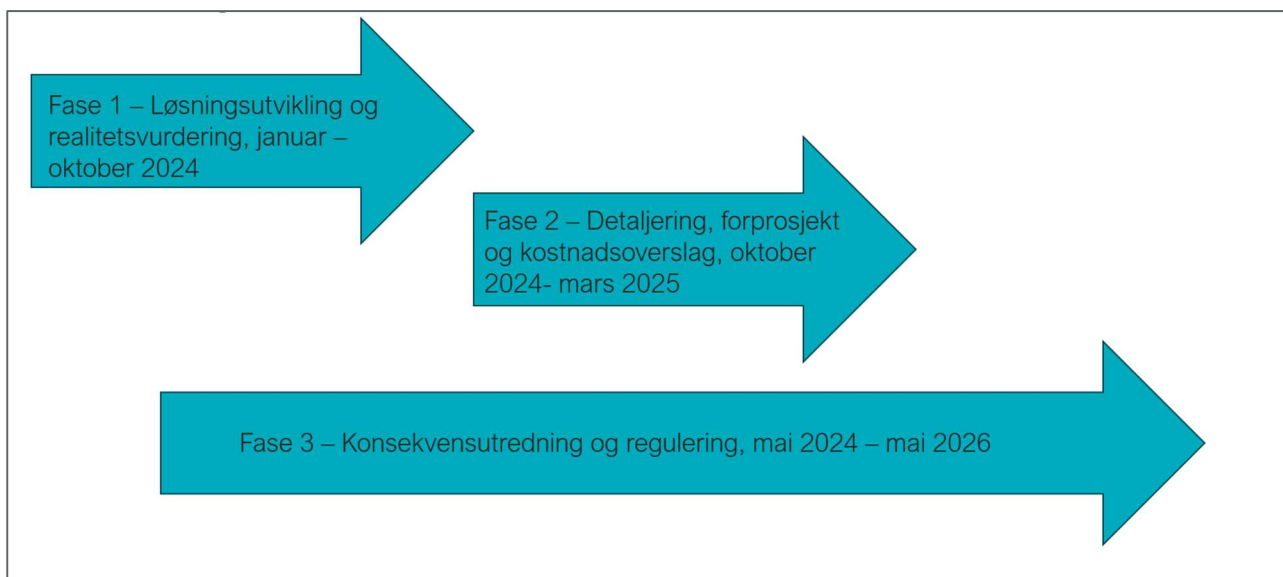
Figur 1-3: Oppsummering av utfordringer, behov, samfunns mål, effektmål og ønsket gevinst av dreneringsprosjektet.

Prosjektets samfunns mål oppsummeres slik:

«Tiltakene skal redusere sannsynligheten for skred og medfølgende flodbølge fra det ustabile fjellpartiet Åknes. Tiltakene som foreslås må kunne bygges og driftes uten fare for liv og helse. Tiltakene skal i minst mulig grad være i konflikt med verdsarv- og verneområdebestemmelsene knyttet til fjordlandskapet. Tiltakene skal i størst mulig grad oppfylle sosial-, økonomisk og miljømessig bærekraft (herunder blant annet opplevelsen av trygghet for innbyggerne rundt Storfjorden)».

1.4 Forprosjektets ulike faser

Forprosjektet er inndelt i tre ulike faser, se Figur 1-4 under.



Figur 1-4: Skjematisk framstilling av dreneringsprosjektets ulike faser.

I første fase av prosjektet har arbeidet gått ut på å få opp et bredt spekter av forslag til tiltak, og realitetsvurdere disse; både med hensyn til forventet effekt samt teknisk gjennomførbarhet, og sikkerhet i forbindelse med både anleggsgjennomføring og drift.

Flere tiltak ble forkastet allerede i mars 2024 i forbindelse med et tverrfaglig idémøte sammen med NVE. Tiltakene som ble forkastet mars 2024 er beskrevet i Vedlegg 1: Rapport fra idémøte 14. mars 2024 hvor også vurderinger og begrunnelse er gjengitt.

Etter denne innledende samlingsprosessen har det vært arbeidet videre med ulike dreneringstiltak på et overordnet nivå, og forslag til tiltak har vært vurdert og diskutert både med en ekstern internasjonal ekspertgruppe samt med aktuelle entreprenører. Denne rapporten beskriver vurderte løsninger på en systematisk måte. Formålet med rapporten er å anbefale et dreneringstiltak eventuelt bestående av flere ulike løsninger som det skal jobbes videre med i fase 2.

I fase 2 skal det utarbeides et forprosjekt med tilhørende kostnadsoverslag. Forprosjektet skal danne grunnlag for en eventuell investeringsbeslutning.

Fase 3 er konsekvensutredning og regulering. Dette arbeidet er startet opp parallelt med fase 1. Planprogram (plan for utredningsarbeidet) for reguleringsplanen har vært på høring sommeren 2024 og er etter dette fastsatt i kommunestyret i Stranda kommune i august 2024. Befaring og feltarbeid for naturmangfold, landskap og kulturmiljø er utført sommeren 2024 slik at disse fagene har kunnet delta i de tverrfaglige diskusjonene rundt løsninger, og vært aktive bidragsyttere inn i denne rapporten som er et sluttprodukt for fase 1.

1.5 Vurderingskriterier for valg av alternativ i fase 1

NVE og Norconsult identifiserte innledningsvis i fase 1 hvilke vurderingskriterier som skulle legges til grunn ved analysing/vurdering og valg av tiltak. Listen over vurderingskriteriene som innledningsvis ble utarbeidet er gjengitt i Vedlegg 1: Rapport fra idémøte 14. mars 2024 samt i kap. 3.1 i fastsatt planprogram.

NVE og Norconsult har sammen bearbeidet og spisset vurderingskriteriene ytterlig i august-september 2024, og i fellesskap utarbeidet en vurderingsmatrise som er brukt som en del av beslutningsgrunnlaget for anbefalingene gitt i denne rapporten (les mer om dette i kapittel 2.8). Kriteriene er gjengitt i Tabell 2-1 i kapittel 2.8 i den rekkefølgen som NVE ønsker at de skal vektlegges.

1.6 Formål med denne rapporten

Denne rapporten er sluttproduktet for fase 1 i forprosjektet. Rapporten beskriver hvilke tiltak som er vurdert, hvordan de er vurdert, samt hvilke fordeler og ulemper de ulike tiltakene har. Rapporten er beslutningsgrunnlaget for valg av dreneringstiltak for videre detaljering i fase 2 av forprosjektet.

2 Metode for vurdering og siling av alternativ i fase 1

2.1 Innledende tverrfaglig idémøte i lag med NVE mars 2024

Oppstartsmøtet for prosjektet ble avholdt i NVE sine lokaler i Førde januar 2024. I perioden fra januar til mars jobbet Norconsult med å få frem så mange ulike løsninger som mulig. Arbeidet fokuserte på fire tema; avskjæringsløsninger for overflatevann oppstrøms baksprekk, dreneringshull fra overflaten, tunnelpåhugg og traseer for dreneringstunnel. Både tidligere foreslåtte alternativer, samt nye løsninger ble vurdert.

Formålet med idémøtet på Gardermoen 14. mars 2024 var følgende:

- Diskutere utfordringer og behov, samt prosjektets mål og vurderingskriterier.
- Vise tidligere løsningsforslag, samt nye ideer fra Norconsult.
- Få fram alle alternativer/ideer som NVE har tenkt på før forprosjektet startet.
- Kommunikasjon i fellesskap om tilbakemeldinger til de ulike alternativene.
- Begrense antall alternativer som tas med videre i fase 1-vurderingene.

Vedlegg 1: Rapport fra idémøte 14. mars 2024 oppsummerer idémøtet og de vurderinger som ble foretatt.

2.2 Tverrfaglig samarbeid

Arbeidet har vært/er i Norconsult organisert med fem ulike faggrupper (ingeniørgeologi, hydrologi, hydrogeologi, anleggsteknikk og arealplan) med en fagansvarlig innen hver gruppe (henholdsvis Nicole Ragvin, Katherine Aurand, Clara Sena, Torbjørn Andersen og Pernille Ibsen Lervåg). De fagansvarlige har fast statusmøte hver eller annenhver tirsdag.

I tillegg til samarbeidet i de ulike faggruppene, har det vært avholdt mange ulike tverrfaglige fagmøter hvor utfordringer og løsninger har vært diskutert. Alle møter er referatført.

2.3 Befaringer

29.-30. april 2024:	Fagpersoner innen fagtema ingeniørgeologi (Nicole Ragvin) og skred (Øyvind Høydal) befarte aktuelle påhuggsområder i Strandadalen.
25. juni 2024:	Fagpersoner innen fagtema hydrologi (Steinar Myrabø, Katherine Aurand, Kine H. Svendby) og VA (Sophie Schneider) befarte aktuelle påhuggsområder i Strandadalen.
26. juni 2024:	Fagpersoner innen fagtema ingeniørgeologi (Marianne K. Rødseth), skred (Øyvind Høydal), hydrologi (Steinar Myrabø, Katherine Aurand, Kine H. Svendby), VA (Sophie Schneider), anleggsteknikk (Olive Lysne), arealplan (Pernille I. Lervåg) befarte Åknes.
26.-27. juni 2024:	Fagpersoner innen fagtema arealplan (Pernille I. Lervåg) og anleggsteknikk (Olive Lysne) befarte aktuelle påhuggsområder i Strandadalen og aktuelle deponiområder.
13.august 2024:	Fagperson innen fagtema naturmiljø (Vetle Lindgren) befarte Strandadalen.
14.august 2024:	Fagpersoner innen fagtema landskap (Marius Fiskevold), naturmiljø (Vetle Lindgren) og kulturmiljø (Eirik Herdlevær) befarte Åknes.
15.august 2024:	Fagpersoner innen kulturmiljø (Eirik Herdlevær), landskap (Marius Fiskevold) og naturmiljø (Vetle Lindgren) befarte Strandadalen.

2.4 Markedsdialog

Det er gjennomført markedsdialog i forbindelse med etablering av avskjæringsgrøfter og boring av dreneringshull fra overflaten. Formålet med markedsdialogen var å komme i dialog med aktuelle entreprenører og få innspill til gjennomføringen av foreslåtte løsninger – dette som et ledd i realitetsvurderingen av tiltakene. I juni 2024 ble det sendt ut en forespørsel i Merzell (via Inventura) hvor interesserte entreprenører kunne melde seg for mer informasjon og dialog.

Det ble i slutten av august gjennomført et digitalt fellesmøte hvor Norconsult redegjorde for foreslåtte løsninger. Uken etter ble det gjennomført 4 dialogmøter hvor Norconsult/NVE kunne stille spørsmål til entreprenørene og diskutere problemstillinger knyttet til de foreslåtte løsningene. Markedsdialogen har vært en del av metoden brukt i realitetsvurderingen av løsninger. Det foreligger referat fra alle gjennomførte møter.

2.5 Dialog med internasjonal ekspertgruppe

NVE har nedsatt en internasjonal ekspertgruppe bestående av Tom Stewart (BC Hydro, Canada), Kristin Holmøy (NTNU, Trondheim), Davide Bertolo (Valle d'Aosta, Italy) og Corey Froese (Wavelength Advisory, Canada). Gruppen fikk oversendt utkast til denne rapporten juni 2024, og fikk mulighet for å komme med innspill, spørsmål og tilbakemeldinger. Tilbakemeldingen fra ekspertgruppen ble gitt skriftlig i form av et møtereferat datert 26.juni 2024.

Innspillene ble gjennomgått og besvart skriftlig som underlag for et etterfølgende møte mellom ekspertgruppen samt representanter fra Norconsult og NVE avholdt 24.september 2024.

Innspill og spørsmål er behandlet skriftlig, og det foreligger referat fra det omtalte møtet. Tilbakemeldingene fra ekspertgruppen har vært en del av metoden brukt i både realitetsvurderingen, samt vurderingen av effekt, av foreslåtte tiltak.

2.6 Vurdering av georisiko samt SHA

Det er gjennomført en tidligfasevurdering av georisiko og sikkerhet, helse og arbeidsmiljø (SHA) ved de ulike tiltak for drenering av Åknes. I denne tidligfase georisikoanalyse inkl. SHA har Norconsult sett til og lagt til grunn, hovedprinsippene fra REMEDY prosjektet [3]. Den metoden som en er kommet frem til der bygger i hovedsak på rammeverk gitt i *ISO 31000:2018 Risikostyring Retningslinjer*. I tillegg er relevant informasjon fra norsk standard *NS-EN 5815 Risikovurdering av anleggsarbeid* og rapporter publisert av Svenska geotekniska föreningen benyttet: *Riskidentifisering – metoder för att hitta hot och möjligheter (SGF, 2014)* og *Hantering av geotekniska risker i projekter – Krav (SGF, 2014)*.

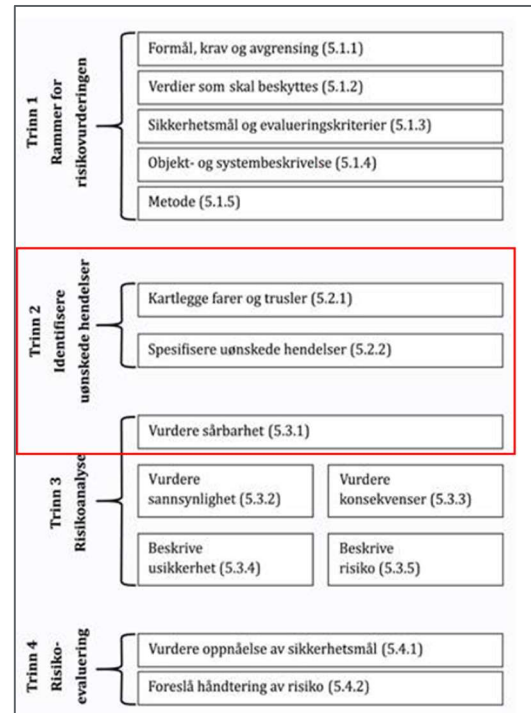
I forhold til dette prosjektet har Norconsult en tilnærming at det beste resultatet for arbeidet vil være å utføre analysen i henhold til 5814:2021 *Krav til risikovurderinger*.

Analysearbeidet som er gjort nå er gjennomført i forprosjektets fase 1, altså tidlig i prosessen. Det er derfor valgt å ikke gjennomføre en full risikoanalyse på nåværende tidspunkt, men formålet har vært å identifisere risikoforhold ved de ulike tiltakene som kan påvirke valg av tiltak, herunder identifisere om det er mulige risikoreducerende tiltak å iverksette. Dette tilsvarer trinn 2 og første del av trinn 3 i den skjematiske fremstillingen av risikovurderingsprosessen (rød firkant i Figur 2-1).

Metoden er også tilpasset fasen prosjektet er i med høy grad av usikkerhet og flere mulige alternative løsninger. De resterende fasene av prosessen vil bli gjennomført når dreneringstiltak er valgt.

Det som er gjennomført nå vil være med videre inn i forprosjektet og detaljeres ytterligere når dreneringstiltak er valgt og vil være et viktig grunnlag for SHA-analyser på et senere tidspunkt og ROS-analyse for reguleringsplan. I dette er det viktig å ha med seg at disse risikoelementene må sees på med lang tidshorisont. I utgangspunktet i et perspektiv langt ut over 100 år som fote er vanlig i en del risikoanalyser. Lykkes en med tiltakene er det tilnærmet at det må sees på i et evighetsperspektiv.

For å sikre en bred deltakelse med relevante ressurser og bred kompetanse fra både fra NVE og Norconsult har arbeidet med fareidentifikasjon foregått gjennom tre arbeidsmøter hvor det ble gjort vurderinger av hovedtiltakene avskjæringsgrøfter, dreneringstunnel og dreneringshull.



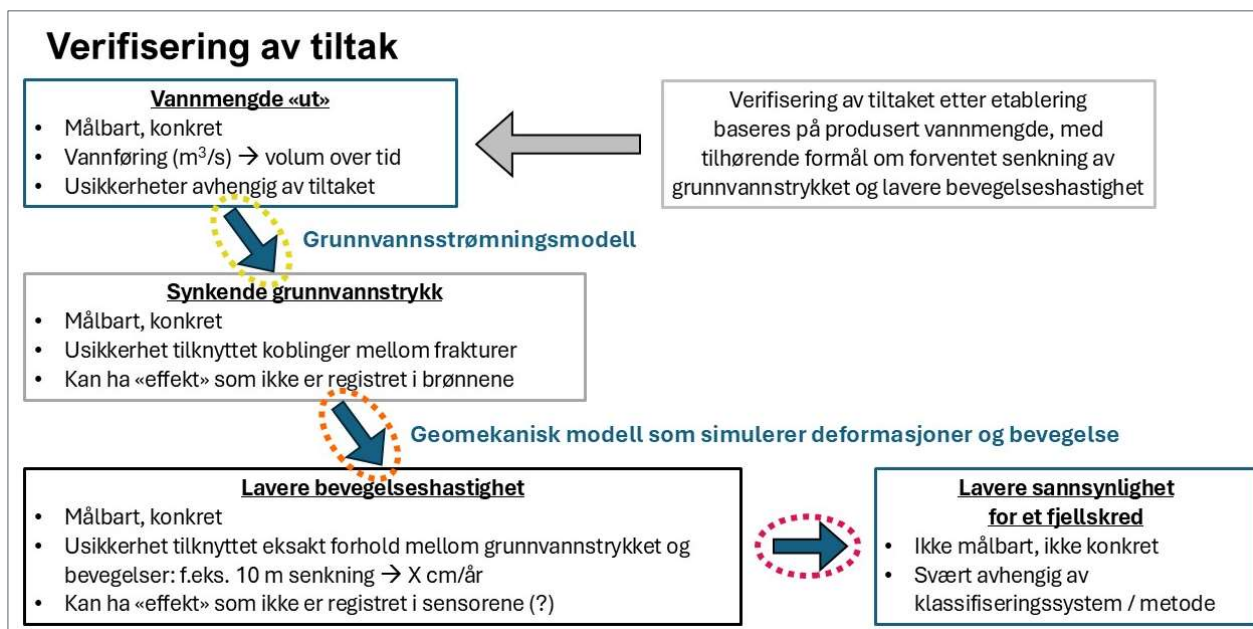
Figur 2-1: Risikovurderingsprosessen iht. NS5814.

2.7 Verifisering av tiltak og vurdering av effekt

2.7.1 Verifisering av tiltak

I det ustabile fjellpartiet øker grunnvannstrykket i perioder med langvarig nedbør eller snøsmelting, og det er målt å være en kobling mellom økt grunnvannstrykk og økt bevegelse i skredområdet [4]. Tiltak for å hindre utrasing retter seg derfor mot å senke grunnvannstrykket, enten ved å hindre vanntilstrømning og/eller drenere ut grunnvann for å senke trykket.

Verifisering av tiltak tar utgangspunkt i forutsetningen om at tiltak avskjærer eller drenerer en vannmengde «ut» fra skredområdet, at dette fører til synkende grunnvannstrykk som videre fører til lavere bevegelseshastighet og tilhørende lavere sannsynlighet for et fjellskred (Figur 2-2).



Figur 2-2. Elementer som inngår i verifisering av tiltak på Åknes.

Hvert tiltak vil medføre en tilhørende vannmengde «ut» av skredområdet. Det forutsettes at tiltakene som etableres blir utstyrt med vannføringsmålinger slik at funksjonen kan måles over tid. Vannmengden som dreneres er derfor målbar og konkret og kan bli koblet til en overordnet vannbalanse for skredområdet hvis det også forutsettes at en fungerende klimastasjon ligger ovenfor baksprekken. Usikkerheten til vannmengden som blir drenert ut/fjernet er avhengig av tiltaket, og det vil også være usikkerhet til vannmengde som dreneres over tid på grunn av redusert funksjon av tiltaket / behov for vedlikehold. Under prosjektering av tiltaket bør det vurderes hvilke vannmengder som er forventet etter at tiltaket er etablert. Dette er for å koble vannbalansen til synkende grunnvannstrykk.

Når vann dreneres ut fra skredområdet, fører dette til synkende grunnvannstrykk over tid. Det er allerede flere borehull etablert i skredområdet, og grunnvannstrykket er målbart og konkret i disse hullene. Borehullene dekker imidlertid ikke hele skredområdet med alle sprekker, og tiltaket kan ha en effekt som ikke

registreres i brønnene. Det er også usikkerhet tilknyttet koblinger mellom sprekker og dermed hvilke sprekker som blir drenert og får redusert grunnvannstrykk.

Synkende grunnvannstrykk over tid på grunn av dreneringstiltak forventes å føre til lavere bevegelseshastighet fordi det er målt å være en sammenheng mellom økt grunnvannstrykk og økt bevegelse i skredområdet, og tilsvarende redusert bevegelse i tørre perioder [4]. Det er usikkerhet knyttet til eksakt forhold mellom grunnvannstrykket og bevegelser. Lavere bevegelseshastighet antas å føre til lavere sannsynlighet for et fjellskred. Denne sammenhengen er imidlertid ikke målbar og forbundet med stor usikkerhet. Omregning av lavere bevegelseshastighet til en tilhørende lavere sannsynlighet for et fjellskred er svært avhengig av klassifiseringssystem eller metode som er benyttet for fastsetting av sannsynlighet.

Verifisering av tiltak etter etablering bør baseres på produsert vannmengde, med tilhørende formål om forventet senkning av grunnvannstrykket og lavere bevegelseshastighet.

2.7.2 Vurdering av effekt før tiltak er etablert

For vurdering av effekt av de ulike dreneringstiltakene i prosjekteringsfasen er det opprettet en grunnvannstrømningsmodell for å beregne/simulere vannmengde «ut» og medførende synkende grunnvannstrykk i skredområdet. Modellen er etablert i programvaren MODFLOW.

Grunnvannstrømningsmodelleringen er svært komplisert modelleringsarbeid, spesielt når det er bratte hydrauliske gradienter som i Åknes. I forbindelse med tverrfaglig kontroll av modelleringen er det belyst flere punkter knyttet til både inngangsdata og vurderinger, som gjør at det er behov for mer detaljerte vurderinger av modelleringene med de ulike tiltakene. Tiltakene er på nåværende tidspunkt ikke beregnet med samme detaljeringsgrad, noe som kan gi et feil inntrykk hvis tallene er presentert som de står på nå.

Detaljerte resultater fra grunnvannstrømningsmodelleringen vil derfor ikke bli presentert som en del av denne rapporten. Dette handler da om konkrete resultater med tallverdier fra simuleringen, som vil være mest riktig å vente med å presentere til alle tiltak kan framstilles på lik linje.

En konseptuell modell av tiltakene, samt numerisk simulering av to av hovedtiltakene, viser at alle hovedtiltakene vil ha en effekt. Fordi modelleringene viser effekt, mener Norconsult at dette ikke påvirker de vurderinger og beslutninger som tas nå i fase 1, dvs. at tallresultater fra simuleringene ikke vil være førende for beslutningene som tas nå. Modelleringsarbeidet vil ferdigstilles i fase 2 av forprosjektet.

For vurdering av sammenhengen mellom redusert grunnvannstrykk og redusert bevegelseshastighet i prosjekteringsfasen kan det utføres numeriske stabilitetsanalyser som simulerer deformasjoner og bevegelse. Numeriske stabilitetsanalyser ble utført i forbindelse med Kunnskapsprosjektet og resultatene indikerte at en senkning av grunnvannsnivåene vil redusere hastighetene i fjellpartiet betydelig [4]. Nye analyser er ikke planlagt utført i forbindelse med forprosjektet fordi de vurderes å være beheftet med stor usikkerhet og vurderes ikke å kunne gi tilstrekkelig nytteverdi for prosjektet.

2.8 Utvikling av vurderingsmatrise

Norconsult og NVE har utviklet en vurderingsmatrise som er brukt i vurdering av de ulike tiltak, se Tabell 2-1 og kapittel 7.

Matrisen er brukt for å systematisere og fremstille de vurderingene som er gjort i kapittel 6 på en oversiktlig og visuell måte.

Det er brukt en lyssignal-skala for vurdering (oransje-gul-grønn), men det er viktig å være oppmerksom på at tiltakene som vurderes er svært ulike mht. gjennomførbarhet, omfang, kostnad og tidshorisont. Formålet med vurderingen i matrisen er å synliggjøre de ulike tiltakenes svakhet og styrker.

Tabell 2-1: Vurderingsmatrise

Vurderingskriterier	Nærmere beskrivelse av kriteriet	Skala for evaluering
Antatt effekt av drenering	I hvor stor grad antas/vurderes det at tiltaket bidrar til drenering av skredområdet? Hvis tiltaket er avhengig av andre tiltak må dette fremkomme.	I liten grad (oransje) I noen grad (gul) I stor grad (grønn)
Teknisk og praktisk gjennomførbarhet	I hvor stor grad vil det teknisk og praktisk være krevende å gjennomføre tiltaket? (inkl. vurdering av risiko knyttet til byggemetode)	I stor grad (oransje) I noen grad (gul) I liten grad (grønn)
Landskap/synlighet	I hvor stor grad vil det være mulig å unngå å forringe landskapets visuelle verdi?	I liten grad (oransje) I noen grad (gul) I stor grad (grønn)
Risiko - SHA (anleggsgjennomføring)	I hvor stor grad vurderes anleggsgjennomføringen å være risikofylt (inkl. vurdering av risiko for 3.part)?	I stor grad (oransje) I noen grad (gul) I liten grad (grønn)
Risiko - SHA (driftsfase)	I hvor stor grad kan drift og vedlikehold utføres på en sikker måte (ivaretagelse av SHA), inkludert vurdering av SHA i perioder med økt bevegelse i fjellpartiet?	I liten grad (rød) I noen grad (gul) I stor grad (grønn)
Tidsaspekt	I hvor stor grad er det mulig å etablere tiltaket raskt (hensyntatt både planlegging og bygging)?	I liten grad (oransje) I noen grad (gul) I stor grad (grønn)
Trinnvis etablering	I hvor stor grad er det mulig/fornuftig å etablere tiltaket trinnvis? (med henblikk på effekt og tekniske forhold, politikk skal ikke inkluderes her)	I liten grad (oransje) I noen grad (gul) I stor grad (grønn)
Risiko - grunnforhold, skred og erosjon (driftsfase)	I hvor stor grad medfører tiltaket økt risiko knyttet til grunnforhold, skredfare og erosjon (i eller utenfor området) i driftsfasen?	I stor grad (oransje) I noen grad (gul) I liten grad (grønn)
Bærekraft - massehåndtering	I hvor stor grad ivaretar tiltaket en ressursutnyttelse som er i tråd med tiltakspyramiden?	I liten grad (oransje) I noen grad (gul) I stor grad (grønn)
Arealverdier (natur- og kulturverdier)	I hvor stor grad ivaretar løsningen verdifulle natur- og kulturverdier i lokalområdet? Med natur menes her både naturmiljø, og naturressurser (skog og landbruksjord).	I liten grad (oransje) I noen grad (gul) I stor grad (grønn)
Drift og vedlikehold	I hvor stor grad unngår man omfattende og krevende drift og vedlikehold av tiltaket?	I liten grad (oransje) I noen grad (gul) I stor grad (grønn)
Kostnad for bygging	Sammenlignet med øvrige foreslåtte tiltak, hvor kostbart er tiltaket?	Høyt (oransje) Middels (gul) Lavt (grønn)

Alle tiltak som vurderes i matrisen, vurderes der som separate tiltak. Tiltakene kan gjennomføres uavhengig av de øvrige tiltakene, eller i kombinasjon med et eller flere andre tiltak, men kombinasjoner beskrives etterfølgende i tekstlig form i kapittel 7, og fremkommer således ikke av resultatet i vurderingsmatrisen.

Flere av tiltakene kan videre realiseres/bygges ut trinnvis, og enklere varianter av de fleste av tiltakene vil også være mulig. Det er maksløsningen/den mest omfattende varianten av tiltaket som er vurdert i matrisen. Det vil i vurderingen i matrisen fremgå om tiltaket kan/bør/skal realiseres i kombinasjon med andre tiltak.

Matrisen for de ulike tiltakene er fylt ut i faggruppemøter etterfulgt av tverrfaglige møter. NVE og Norconsult har gått gjennom og diskutert de utfylte matrisene i et digitalt halvdagsmøte onsdag 16 oktober, som et innledende arbeid til beslutningsmøtet på Gardermoen 21.-22.oktober.

2.9 Beslutningsmøte oktober 2024

Det ble 21.-22.oktober avholdt beslutningsmøte på Gardermoen hvor 6 representanter fra Norconsult og 7 representanter fra NVE deltok. Referat fra møtet følger som vedlegg. Agenda for møtet er satt inn i referatet.

Revisjon C02 av denne rapporten, samt forhåndsutfylt vurderingsmatrise, var underlag for møtet.

Formålet med beslutningsmøtet var:

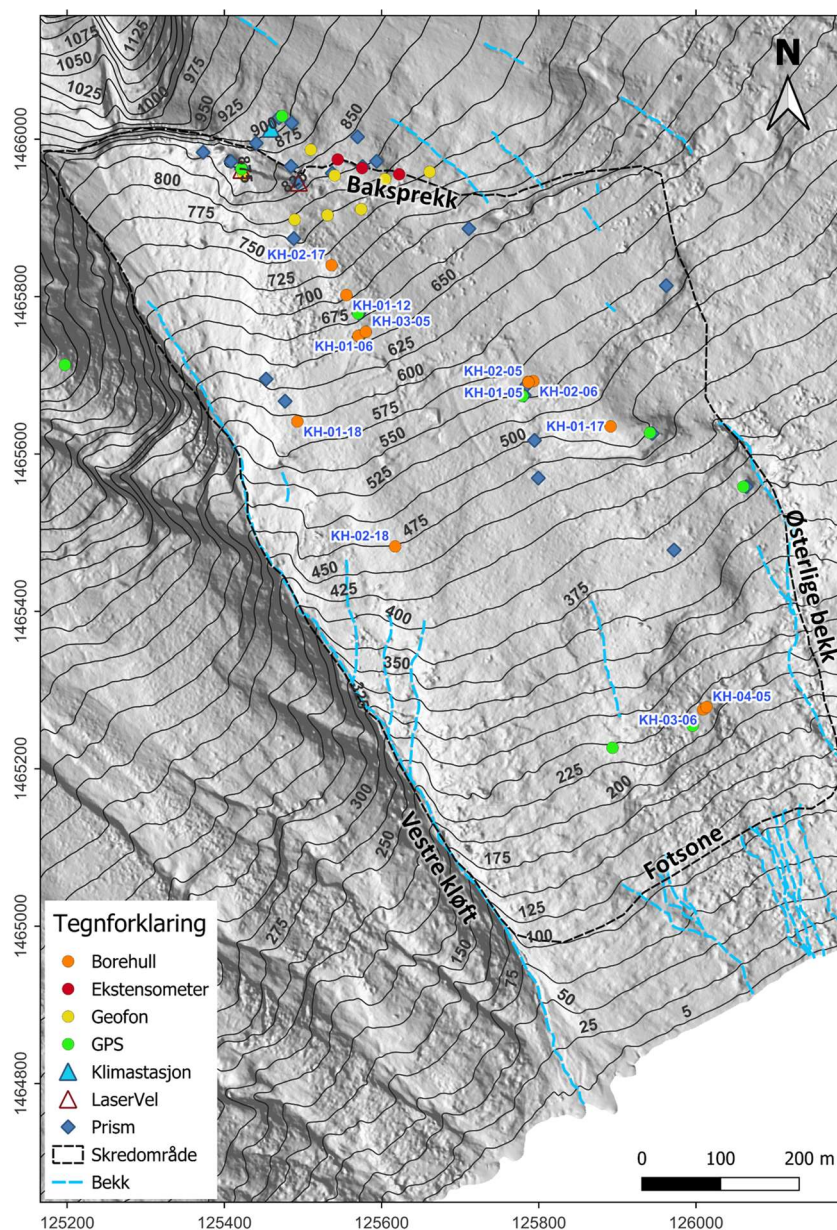
- Gjennomgang av utført arbeid
- Diskutere løsninger og tekniske detaljer
- Diskutere vurderinger
- Ev. forkaste alternativ innenfor hver tiltakstype
- Vurdere kombinasjoner og ev. etableringsrekkefølge
- Innledende vurderinger knyttet til Statens prosjektmodell med KVU og forprosjekt
- Være omforente om veien videre

3 Datagrunnlag

3.1 Rapporter og data fra instrumentering

NVE la til rette en stor mengde grunnlagsmateriale til forprosjektet [5], og i tillegg er det funnet enkelte andre relevante rapporter. Grunnlagsmateriale som er direkte benyttet, er referert til i teksten.

I Figur 3-1 vises instrumentering for NVEs datagrunnlag ved Åknes fjellskred. Datagrunnlag i form av måleserier for grunnvannstand, terrengdata og klimadata er omtalt i påfølgende kapitler.



Figur 3-1. Instrumentering ved Åknes skredområde. Terrengkoter og skyggerelieffkart er hentet fra NVEs kartgrunnlag. Koordinatsystem ETRS89 NTM Sone 6.

3.2 Tidsserier for målt grunnvannstand

NVEs tidsserier for målt grunnvannstand på Åknes ble mottatt av Norconsult i januar 2024. Den inneholder totalt 10 overvåkningsbrønner som ble etablert gradvis fra 2005 til 2018. Derfor har tidsseriene forskjellige start- og sluttdatoer, med senest sluttdatoen 23. november 2023.

Overvåkningsbrønnene KH-01-17, KH-02-17, KH-01-18 og KH-02-18 er multi-piezometer-brønner med vanntrykksensorer på forskjellige dybde som er isolert med pakkere, mens de resterende er åpne borehull med én vanntrykksensor. Plott med tidsseriene for målt grunnvannstand vises i Vedlegg 2: Tidsserier for målt grunnvannstand.

Tidsseriene for målt grunnvannstand viser at:

- 10 vanntrykksensorer har ca. null trend (lavere enn 0,1 m/år): KH-04-05, KH-02-06, KH-03-06, KH-01-12, KH-01-17(sensor 79 meter under bakken, mub), KH-02-17 (sensor 78 mub) og KH-01-18 (sensorene 43, 53, 61 og 80 mub)
- 7 vanntrykksensorer har en relativt lav synkende trend (mellom -1,0 og -0,1 m/år): KH-01-05, KH-01-18 (sensorene 43, 53 mub) og KH-02-18 (sensorene 67, 158, 168, 170 mub)
- 6 vanntrykksensorer har en relativt lav stigende trend (mellom 0,1 og 1,0 m/år): KH-01-06, KH-01-17 (sensor 96 mub), KH-02-17 (sensor 88 mub), KH-01-18 (sensor 61 mub), KH-02-18 (sensorene 87, 111 mub)
- 5 vanntrykksensorer har en relativt høy synkende trend (lik eller lavere enn -2,5 m/år): KH-01-18 (sensorene 94, 137, 153, 187 og 189 mub)
- 2 vanntrykksensorer har en relativt høy stigende trend (lik eller høyere enn 2,5 m/år): KH-02-17 (sensorene 121 og 129 mub)

Høyeste kote grunnvannstand registreres oftest i perioden oktober til desember, mens laveste registreres oftest i perioden mars til mai. Vanntrykksensorene etablert dypere enn 90 meter under bakken i multi-piezometere-brønnene KH-01-17, KH-02-17, KH-01-18, og KH-02-18 viser en større amplitude og årlig variasjon av grunnvannstand (med en amplitude mellom 9,3 og 41,7 m), enn de grunnest sensorene i disse brønnene og sensorene etablert i de åpne borehullene (med en amplitude mellom 1,8 og 10,0 m). Dette indikerer at grunnvanntrykket er veldig stratifisert (lagdelt) i Åknes.

Grunnvannsspeilet ligger relativt dypt, med en målt dybde mellom 32,5 i KH-01-18 (sensor på 43 meter under bakken) og 77,8 i KH-02-17(sensor på 78 meter under bakken). Grunnvannsspeilet er dypere ved baksprekk-området (hvor KH-02-17 ligger), og grunnere ved vestre kløft (hvor KH-01-18 ligger) og fotsonen (hvor KH-04-05 og KH-03-06 ligger) (Figur 3-1).

Tabell 3-1: Oppsummering av NVEs tidsserier for målt kotenivå for grunnvannstand på Åknes. Forklaring: mub.: meter under bakken; moh.: meter over havet. "Trend" er en lineær trend beregnet fra hver tidsserie. Amplitude er maksimum minus minimum for hver tidsserie.

Borehull kode, KH- (i parentes dybde til vanntrykk sensor i mub.)	Kote brønn-topp (moh.)	Brønn-dybde (m)	Start og slutt av tidsserie og antall år oppmålt	Trend i tidsserie (m/år)	Minimum i tidsserie (moh.)	Maksimum i tidsserie (moh.)	Amplitude i tidsserie (m)	Årlig minimum skjer i:	Årlig maksimum skjer i:
01-05	561,9	150	okt/2007 til jan/2017, 9 år	-0,1	516,2	519,7	3,5	mar-mai	sep-nov
04-05	239,8	151	okt/2009 til jan/2017, 7 år	0,0	195,6	199,0	3,4	jan-mar	okt-nov og mar-apr
01-06	658,3	201	okt./2007 til juli/2013, 5 år	+0,6	598,5	608,5	10,0	mar-apr.	sep.-nov.
02-06	560,9	202	okt./2007 til nov./2023, 15 år	0,0	515,2	518,6	3,5	feb.-apr. og aug.	aug.-nov.
03-06	239,9	198	sep./2015 til nov./2023, 8 år	0,0	196,9	201,3	4,4	feb.-apr.	sep.-des og feb.-apr.
01-12	701,1	200	nov./2013 til nov./2023, 10 år	0,0	638,0	641,8	3,8	mars-apr.	sep.-okt.
01-17 (79)	506,8	304	des./2019 til okt./2022, 3 år	0,0	439,3	441,1	1,8	ikke synlig	ikke synlig
01-17 (86)				-1,1	441,6	450,9	9,3	apr.-mai og aug.-sep.	juni-juli og okt.-nov.
01-17 (96)				+0,2	427,9	444,6	16,7		
01-17 (104)				+2,3	420,8	443,7	22,9		
02-17 (78)	733,8	300	okt./2018 til okt./2022, 4 år	0,0	656,0	660,1	4,0	feb.-mars	nov.-des. og aug.-okt.
02-17 (88)				+0,5	651,2	661,1	9,9		
02-17 (101)				+1,1	649,4	666,8	17,4		
02-17 (121)				+2,7	649,7	670,5	20,8		
02-17 (129)				+3,2	606,1	621,3	15,2		
01-18 (43)	593,0	223	nov./2019 til okt./2022, 3 år	-0,1	559,3	560,5	1,2	ikke synlig	ikke synlig
01-18 (53)			des./2019 til okt./2022, 3 år	-0,1	549,9	552,7	2,8	apr.-mai	aug.-sep. og nov.-des.
01-18 (61)			jan./2020 til okt./2022, 2 år	+0,1	548,3	552,3	4,0		

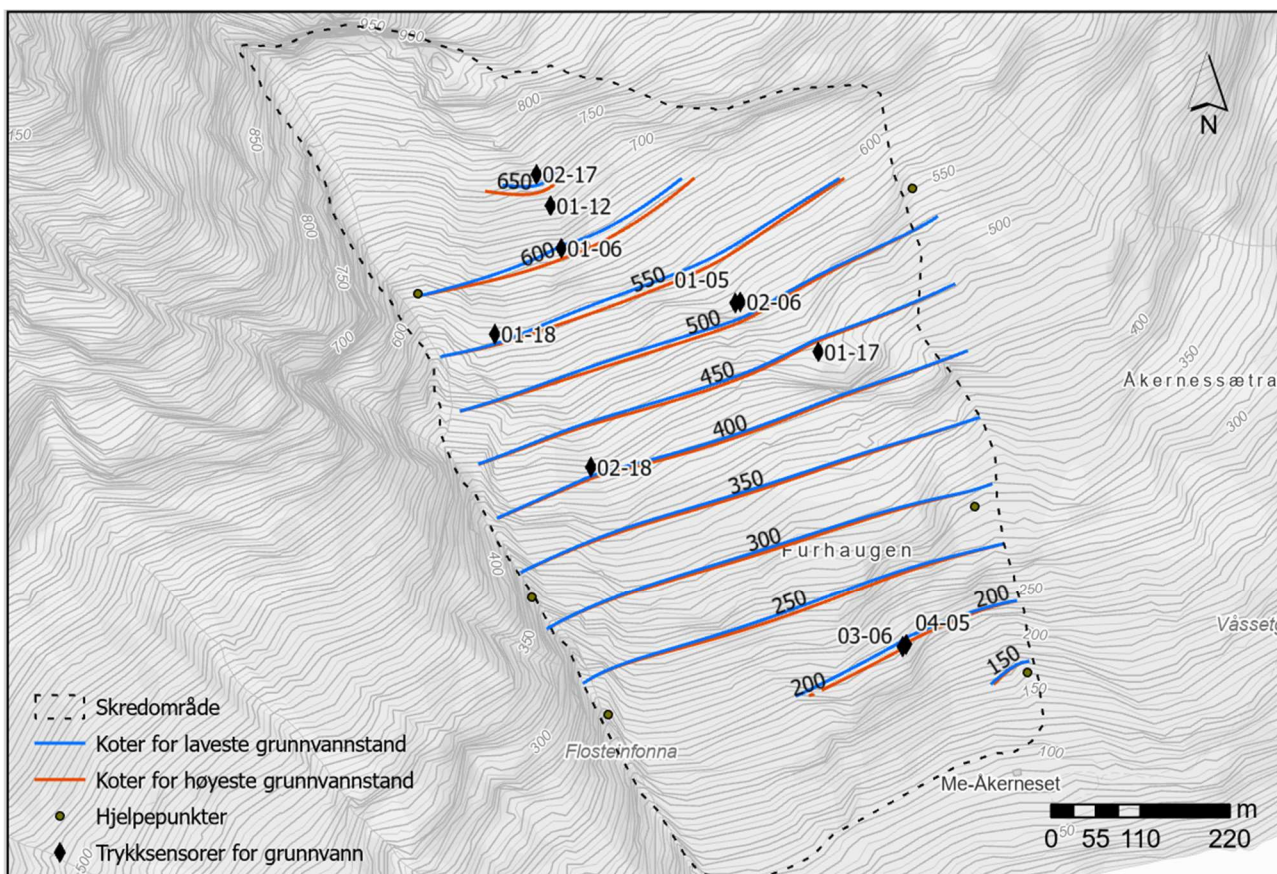
Borehull kode, KH- (i parentes dybde til vanntrykk sensor i mub.)	Kote brønn-topp (moh.)	Brønn-dybde (m)	Start og slutt av tidsserie og antall år oppmålt	Trend i tidsserie (m/år)	Minimum i tidsserie (moh.)	Maksimum i tidsserie (moh.)	Amplitude i tidsserie (m)	Årlig minimum skjer i:	Årlig maksimum skjer i:
01-18 (80)	471,4	199	jan./2020 til okt./2022, 2 år	0,0	553,7	558,4	4,7	ikke synlig	ikke synlig
01-18 (94)			nov./2019 til okt./2022, 3 år	-9,4	546,7	588,4	41,7		
01-18 (137)			nov./2019 til okt./2022, 3 år	-7,3	547,8	589,2	41,4		
01-18 (153)			nov./2019 til okt./2022, 3 år	-7,1	548,2	589,1	40,9		
01-18 (187)			nov./2019 til okt./2022, 3 år	-7,0	549,1	589,7	40,6		
01-18 (189)			nov./2019 til okt./2022, 3 år	-7,2	550,0	591,4	41,4		
02-18 (67)	471,4	199	jan./2020 til jan./2022, 2 år	-0,8	407,5	409,6	2,1	ikke synlig	ikke synlig
02-18 (87)			jan./2020 til des./2021, 2 år	+0,2	406,7	409,6	2,9	ikke synlig	ikke synlig
02-18 (111)			jan./2020 til jan./2022, 2 år	+0,6	410,5	425,3	14,9	apr.-mai	nov.-des.
02-18 (127)				-1,9	451,0	465,9	14,9		
02-18 (136)				-1,9	450,0	464,2	14,2		
02-18 (145)				-1,1	449,5	464,3	14,8		
02-18 (158)				-1,0	449,1	464,5	15,5		
02-18 (168)				-0,4	448,1	464,6	16,5		
02-18 (170)				-0,6	447,9	463,7	15,8		

3.3 Hydraulisk ledningsevne i oppsprukken bergmasse

Lugeon tester ble utført i 2017 i borehull KH-02-17, og i 2018 i borehullene KH-01-18 og KH-02-18, og ble tolket av NGI [6]. Estimert hydraulisk ledningsevne varierer mellom $6,25 \times 10^{-9}$ m/s i borehull KH-02-18, og $4,55 \times 10^{-6}$ m/s i borehull KH-02-17. Disse resultatene skal brukes som utgangsverdier for å kalibrere hydraulisk ledningsevne i grunnvannstrømningsmodellering som utføres for å vurdere effekt av tiltakene i skredområdet.

3.4 Kotekart for grunnvannstand

Tidsseriedata (omtalt i delkapittel 3.2) indikerer at grunnvannstrykket er veldig stratifisert (lagdelt), og derfor vurderes at det ikke er egnet å interpolere kote grunnvannstand målt i forskjellige dybder i det oppsprukne systemet. Derfor etableres kotekart for målt maksimum- og minimum grunnvannstand som gjenspeiler de grunneste grunnvannstrykk-forholdene som representerer den åpne akviferen i Åknes (Figur 3-2). Dette gjelder de åpne brønnene (KH-01-05, KH-04-05, KH-01-06, KH-02-06, KH-03-06, og KH-01-12) og de grunne sensorene i multi-piezometer-brønnene (KH-01-17 (79 mub), KH-02-17 (78 mub), KH-01-18 (43 mub), og KH-02-18 (67 mub)). Det kan ses i Figur 3-2 at både maksimum- og minimum grunnvannstand er veldig lik. Dette er fordi grunnvannstandsamplituden i den åpne akviferen er relativt liten; mellom 1,8 og 10,0 m.



Figur 3-2. Grunnvannskotekart for laveste og høyeste målte verdier ved de åpne brønnene (KH-01-05, KH-04-05, KH-01-06, KH-02-06, KH-03-06, og KH-01-12) og de utvalgte grunne sensorene i multi-piezometer-brønnene (KH-01-17 (sensor 79 mub), KH-02-17 (sensor 78 mub), KH-01-18 (sensor 43 mub), og KH-02-18 (sensor 67 mub)). Det er også brukt hjelpepunkter fra MODFLOW modellen i likevektstilstand for å få et mer representativt kart.

3.5 Grunnvannsdannelse og grunnvannsbalanse

3.5.1 Konseptuell modell og estimert rate for grunnvannsdannelse

I [7], ble det etablert en konseptuell modell for grunnvannsdannelse i Åknes skredområdet, samt beregning av grunnvannsdannelsesrate for årlig gjennomsnittlig nedbør- og snøsmelteintensitet for normalperioden 1960-1990. Hovedresultater fra denne konseptuelle modellen for grunnvannsdannelse er følgende:

- Grunnvannsdannelsesrate er mye høyere i baksprekkområdet enn nedstrøms baksprekk på grunn av avrenning som strømmer fra fjelltoppen ned til baksprekkområdet. I baksprekkområdet infiltreres avrenningen fra fjelltoppen, som dermed mater grunnvannet.
- Basert på geomorfologi i baksprekkområdet er dette delt i to delområder med ulik grunnvannsdannelsesrate:
 - Det midtre/vestre baksprekkområde, med en åpen graben (som er ca. 30 m dyp, ca. 30 m bred, og ca. 150 m lang), og 350 m lange åpne subvertikale sprekker, med fokusert infiltrasjon av avrenning fra fjelltoppen og direkte nedbør.
 - Det østre baksprekkområdet, med mindre åpne sprekker enn det midtre/vestre baksprekkområdet, hvor baksprekken går over til en subvertikal klippe, og terreng mellom denne klippen og oppstrøms ende til østre bekk er dekket med en uravsetning. I dette området infiltreres også avrenning fra fjelltoppen og direkte nedbør, men infiltrasjonen er mindre fokusert enn i det midtre/vestre baksprekkområdet, på grunn av terrengforhold.
- Resten av skredområdet nedstrøms baksprekken har mye lavere grunnvannsdannelsesrate siden grunnvannsdannelsen hovedsakelig kommer fra infiltrasjon av direkte nedbør og snøsmelting.

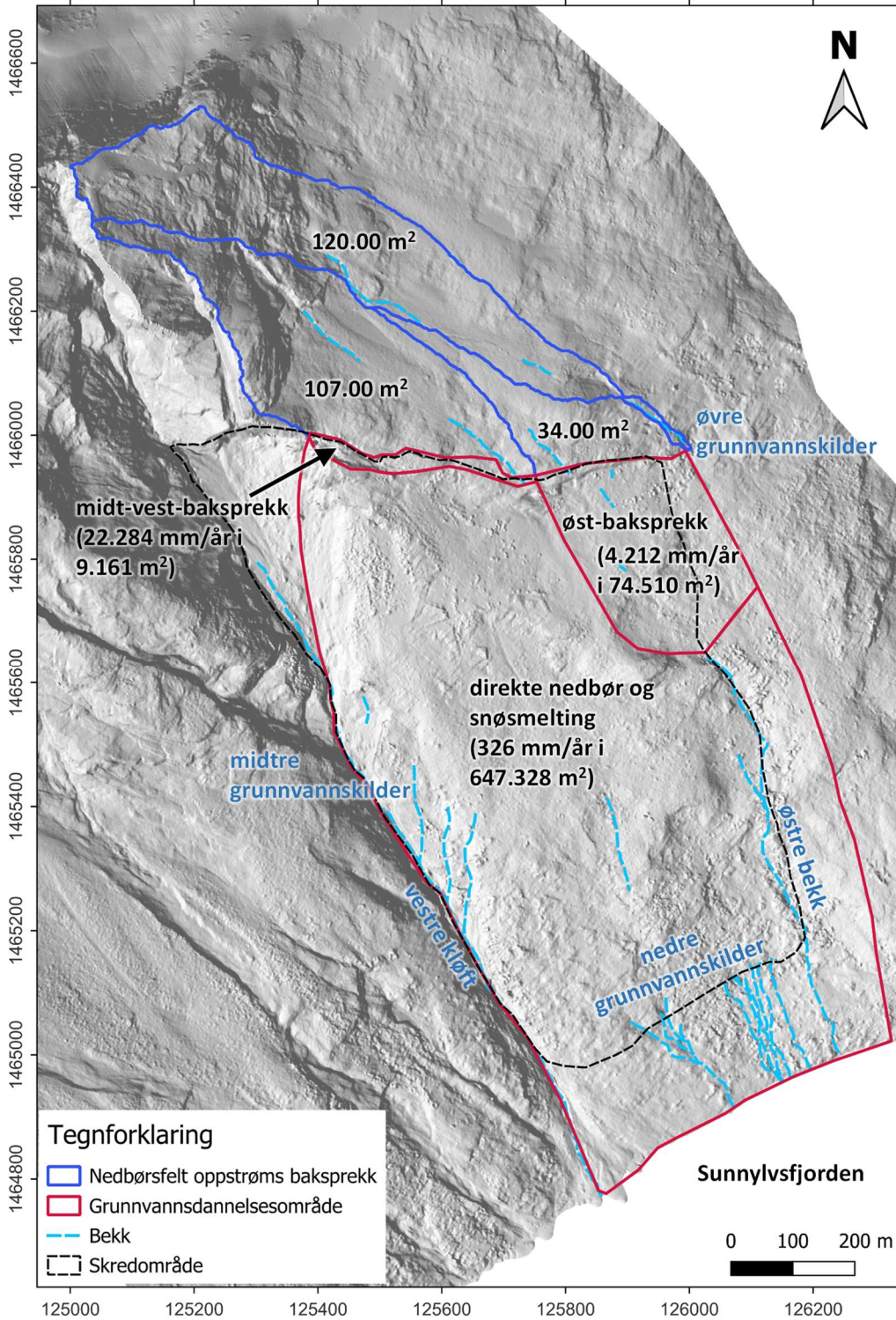
I forbindelse med forprosjektet er nedbørsfeltene oppstrøms baksprekk vurdert på nytt med gjennomsnittlig nedbør- og snøsmeltingsrate på 1 880 mm/år for normalperioden 2007-2023, se Vedlegg 4: Arbeidsgrunnlag hydrologi. De tilsvarende gjennomsnittlige avrenningsratene beregnet for nedbørsfeltene oppstrøms baksprekk er (Figur 3-3):

- 201 160 m³/år for nedbørsfeltet (på 107 000 m²) oppstrøms det midtre/vestre baksprekkområdet
- 289 520 m³/år for nedbørsfeltet (på 154 000 m²) oppstrøms det østre baksprekkområde.

De tilsvarende grunnvannsdannelsesratene for gjennomsnittlig nedbør og snøsmelting (normalperiode 2007-2023) i skredområdet er:

- 22 284 mm/år i midtre/vestre baksprekkområde (med areal på 9 161 m²)
- 4 212 mm/år i østre baksprekkområde (med areal på 74 510 m²)
- 326 mm/år i området matet kun av direkte nedbør og snøsmelting (med areal på 647 328 m²)

Måling av strømningsratene og grunnvannskjemien til grunnvannskildene [7] indikerer at de midtre og nedre grunnvannskildene i skredområdet representerer de naturlige hovedutstrømningsområder for grunnvannet (Figur 3-3), mens de øvre grunnvannskildene er tolket som mindre viktige for grunnvannsbalansen. Nedstrøms skredområdet strømmer grunnvannet også ut til Sunnylvsfjorden.

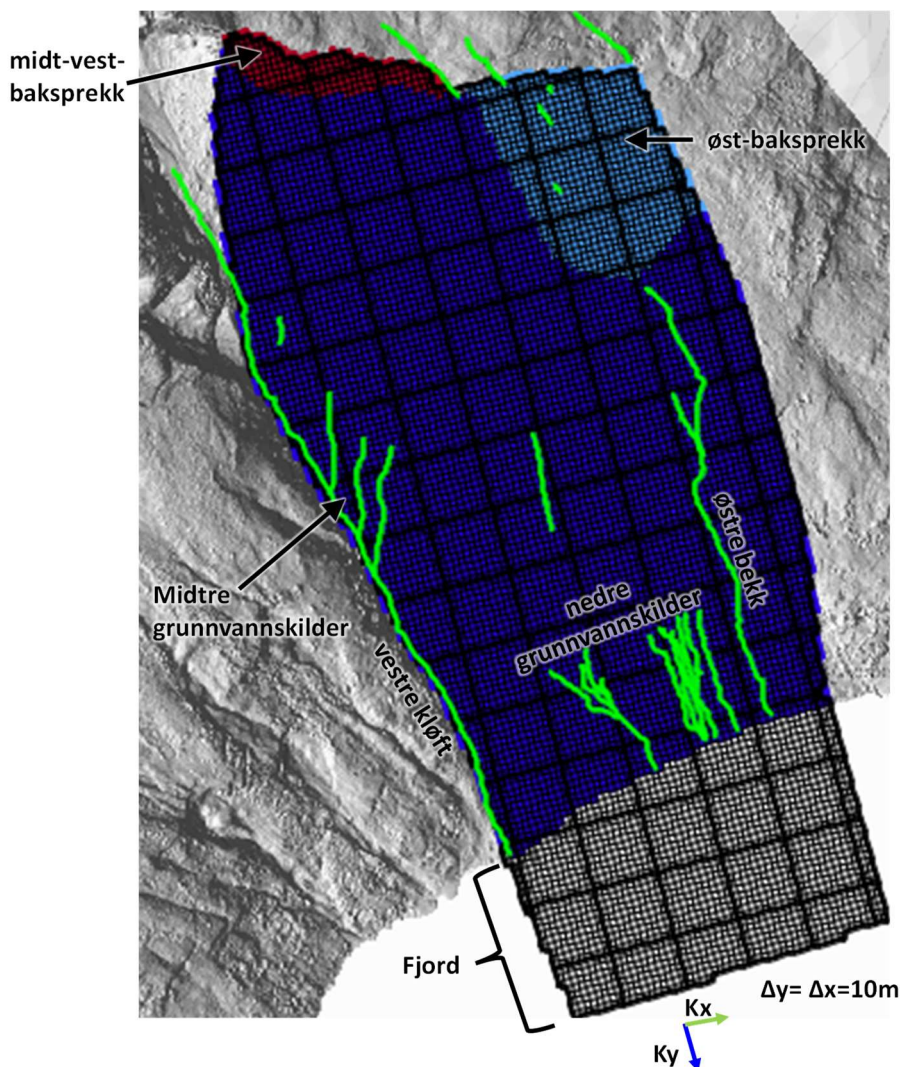


Figur 3-3. Grunnvannsdannelsesområder med tilsvarende grunnvannsdannelsesratene etablert for Åknes skredområde for en snitt årlig nedbør på 1880 mm/år, samt kildene kartlagt i [8] og [9]. Skyggerelieffkart hentet fra NVEs kartgrunnlag. Koordinatsystemet ETRS89 NTM Sone 6.

3.5.2 Konseptuell modell for grunnvannstrømningsmodellering i MODFLOW

Basert på tidligere utført MODFLOW-modellering [7] og de nye beregninger for gjennomsnittlig nedbør og snøsmelting for normalperioden 2007-2023, er det utført en ny 3D-MODFLOW-modellering som simulerer grunnvannstrømning og grunnvannsbalanse i skredområdet.

Detaljerte resultater med tallverdier fra grunnvannstrømningsmodelleringen vil ikke bli presentert som en del av denne rapporten fordi det er behov for mer detaljerte vurderinger av modelleringen med de ulike tiltakene. Derfor presenteres i denne rapporten den konseptuelle modellen som ligger til grunn for å utføre numerisk modellering av grunnvannstrømning i MODFLOW, se Figur 3-4. Denne modellen skal først benyttes til å simulere nå-tilstand for grunnvannsbalanse og grunnvannstrømning (dvs. uten avskjærings- eller dreneringstiltak) i likevektstilstand. Deretter skal grunnvannsbalanse og grunnvannstrømning simuleres med forskjellige avskjærings- og dreneringstiltak i tidsavhengig tilstand.



Figur 3-4. Konseptuell modell som viser MODFLOW rutenettdiskretisering, skredområdet fordelt i tre arealer som gjenspeiler de tre områdene med forskjellige grunnvannsdannelsesrater, de kartlagte grunnvannskildene hvor grunnvann strømmer ut i terrenget og den delen av fjellsiden som ligger under havnivå, hvor det også antas at grunnvannet strømmer ut.

3.6 Terrengdata

Terrengmodellen er benyttet for å blant annet avgrense nedbørfelt oppstrøms baksprekken, generere dreneringsnett (avrenningsveier) og vurdere plassering av avskjæringsgrøfter. Tilgjengelige datagrunnlag og arbeidsmetoder er beskrevet i Vedlegg 4: Arbeidsgrunnlag hydrologi.

3.7 Klimadata (nedbør og snøsmelting)

Nedbør- og snøsmeltingdata er benyttet for å vurdere tilførsel av vann til baksprekken. Nedbørfeltene oppstrøms baksprekken er relativt små og ligger så høyt at det ikke finnes representative stasjoner som kan benyttes. Vurderingen som er gjort hittil innebærer mye usikkerhet.

Det er etablert en nedbørmåler i området ca. 900 moh., men dataserien har mange hull og dekker kun en kort periode. Det er vurdert flere nedbørstasjoner i nærheten, IVF-kurve¹ fra Åndalsnes og data fra xgeo² for beregning av ekstreme nedbørhendelser. Det er benyttet data fra xgeo som datagrunnlag for beregning av gjennomsnittlig grunnvannsdannelse under samme tidsperioden som er dekket av grunnvannstandsmålinger i borehull. Klimadata er beskrevet i Vedlegg 4: Arbeidsgrunnlag hydrologi.

3.8 Måledata for vannbalansen oppstrøms baksprekken

Registreringer av grunnvannstanden oppstrøms baksprekken er ikke utført tidligere. Norconsult har anbefalt at det snarest mulig bores og instrumenteres minst et hull i området like ovenfor baksprekken for å registrere grunnvannstanden og dens variasjon, spesielt mht. vurdering av infiltrasjon og overflateavrenning gjennom året ved ulike vær-situasjoner.

Måledata for beregning av fordampningen i området er heller ikke tilgjengelig, men er ikke avgjørende her, da usikkerheten i de andre parameterne er relativt store.

¹ En IVF-kurve beskriver nedbørintensitet (I) for ulike varigheter (V) som kan forventes å forekomme med en viss hyppighet eller frekvens (F).

² Xgeo er en kartportal som inneholder blant annet vannkart med ulike hydrologiske parametere. Den kombinerer feltobservasjoner og målestasjoner med modeller for å beregne ulike klimadata med en 1 x 1 km oppløsning for hele Norge.

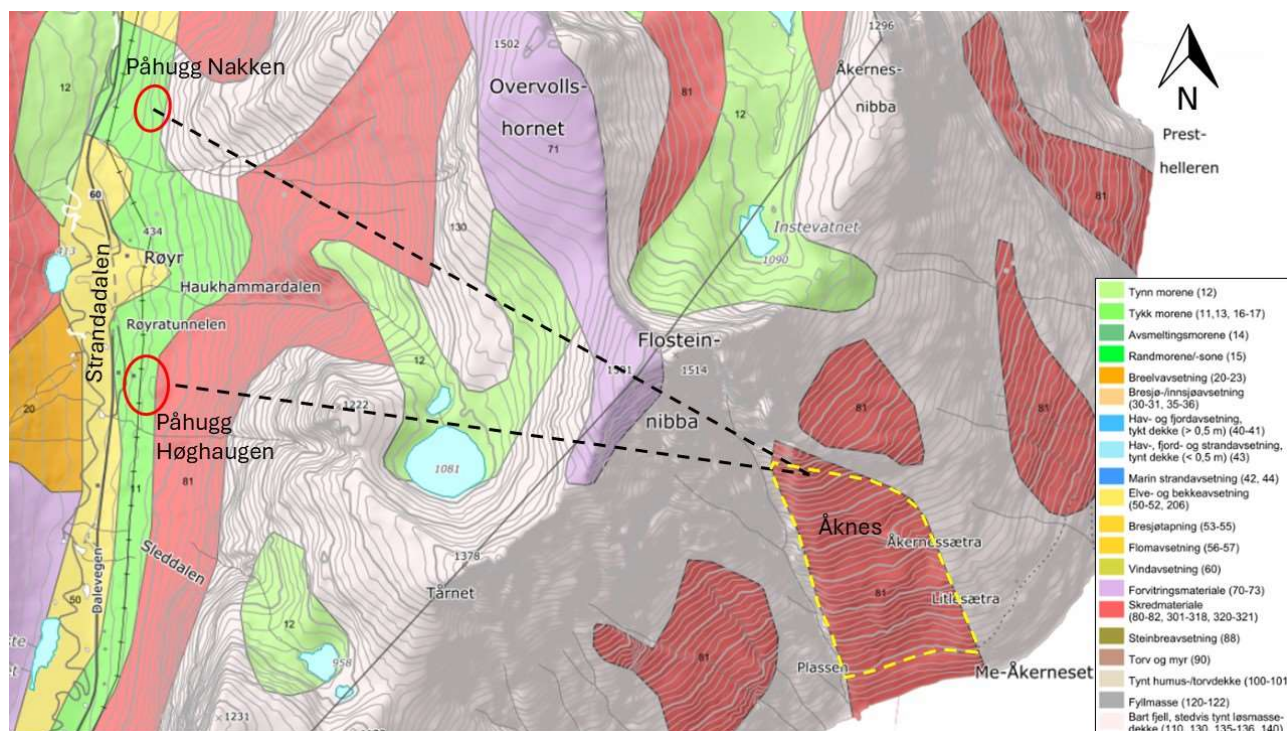
4 Grunnforhold

4.1 Topografi og løsmasser

En tunnel fra Strandadalen til Åknes vil passere kupert terreng med betydelige høydeforskjeller. Området har topper på opp til ca. 1500 moh., bratte dalsider og forsenkninger erodert av isbreer og bekker/elver. Strandadalen er en markert U-dal som strekker seg i retning nord-sør med Storelva som renner langs dalbunnen.

I skredområdet ved Åknes er terrenghelningen hovedsakelig mellom 30 og 40 grader. Lokalt er det brattere partier med berghammere/stup.

Figur 4-1 viser løsmassekart fra Norges geologiske undersøkelse, som i dette området er svært grovt (målestokk 1:250 000). Markert som skredmateriale kan være både stedlig forvitret materiale og skredavsatt materiale. Kartet viser videre at området har delvis bart berg og delvis er løsmasseoverdekket. I høyreliggende områder består løsmassene av forvittringsmateriale.



Figur 4-1: Utsnitt av løsmassekart over prosjektområdet [10].

4.2 Berggrunn

4.2.1 Bergarter og detaljoppsprekking

Prosjektområdet er en del av det vestnorske gneisområdet. I følge berggrunnsgeologisk kart (1:250 000) fra Norges geologiske undersøkelse (NGU) består hele området av granittisk gneis, med tilleggsbeskrivelsen "noen steder migmatittisk, gneis med diorittisk til granittisk sammensetning, noen steder øyegneis".

Bergartene har prekambrisk opprinnelse og har gjennomgått flere faser med metamorfose, den mest markerte i forbindelse med den kaledonske fjellkjededannelsen i kambrosilur.

For selve Åknes er det utført bergmassekartlegging både ved utstrakt feltkartlegging og logging av borekjerner fra 12 borehull. Det er kartlagt tre ulike gneistyper i skredområdet, se Tabell 4-1 [7].

Tabell 4-1: Gneistyper kartlagt i Åknes skredområde (fordeling som gitt i [7]).

Gneistype	Fordeling i borekjerner
Granittisk gneis og pegmatitt, framstår hvit-lysgrå	62 %
Diorittisk gneis, framstår mørkegrå	15 %
Biotittisk gneis, framstår svart	23 %

I bunnen av borehull KH-08-12 (dybde 135-202 meter) er det også registrert amfibolittisk gneis.



Figur 4-2: Foto fra Åknes som viser de kartlagte gneistypene.

På Åknes er det registrert 3 sprekkesett [4]:

- Foliasjonsparell oppsprekking med strøkretning omtrent parallell med fjellsiden og dominerende fall på 30 til 40 grader, men lokalt steilere fall i forbindelse med foldning.
- To subvertikale sprekkesett med strøkretning hhv. øst-vest og nord-sør.

I Strandadalen er det i bergblotninger observert granittisk/diorittisk gneis. Berget er relativt lite oppsprukket og virker massivt. Det ble observert foliasjonsparell oppsprekking og 1-2 sprekkesett med moderat-steilt fall.

4.2.2 Generelle ingeniørgeologiske forhold

Basert på styrkeestimer i felt vurderes gneisen ved Åknes og i Strandadalen generelt å være meget sterk. Tester av enaksiell trykkstyrke på borekjerner fra Åknes viser verdier i området ca. 50-150 MPa, som

klassifiseres som høy til meget høy styrke [11]. De laveste verdiene er målt på kjernemateriale fra det som antas å være skjærsoner [12] inne i skredområdet.

Kartlegging i kjerne hull viser hovedsakelig < 5 sprekker per meter i partiene under det ustabile fjellpartiet, og berget vurderes generelt som lite oppsprukket [4]. Det må imidlertid forventes oppsprukne partier og svakhetssoner i berggrunnen hvor bergmassen kan være svakere.

Ljøttunnelen mellom Herdal i Strandadalen og Ljøen i Hellesylt er drevet i lignende geologiske forhold som ved Åknes. Drivningen beskrives å ha gått meget bra [13]. Berget i tunnelen vekslet mellom granittisk gneis og amfibolittisk gneis. Det er rapportert om gjennomgående god bergmassekvalitet, med 83% av strekningen kartlagt som svært god bergmassekvalitet. Det ble påtruffet et markert svakt parti med flere parallelle sleppesoner (skjærsoner) langs tunneltraseen. Mektigheten til sleppene varierte fra 10-15 cm til 1-2 m med svært omvandlet berg, leirminerale og stedvis svelleleire. I samme område var det utfordringer med enkelte store vanninnbrudd, og det ble utført injeksjon fra totalt 6 stuffer. Bergsikring i svakhetssoner ble utført med forbolting, bolting og armerte sprøytebetongbuer. Høye bergspenninger (sprak) ble registrert, spesielt i den massive granittiske gneisen.

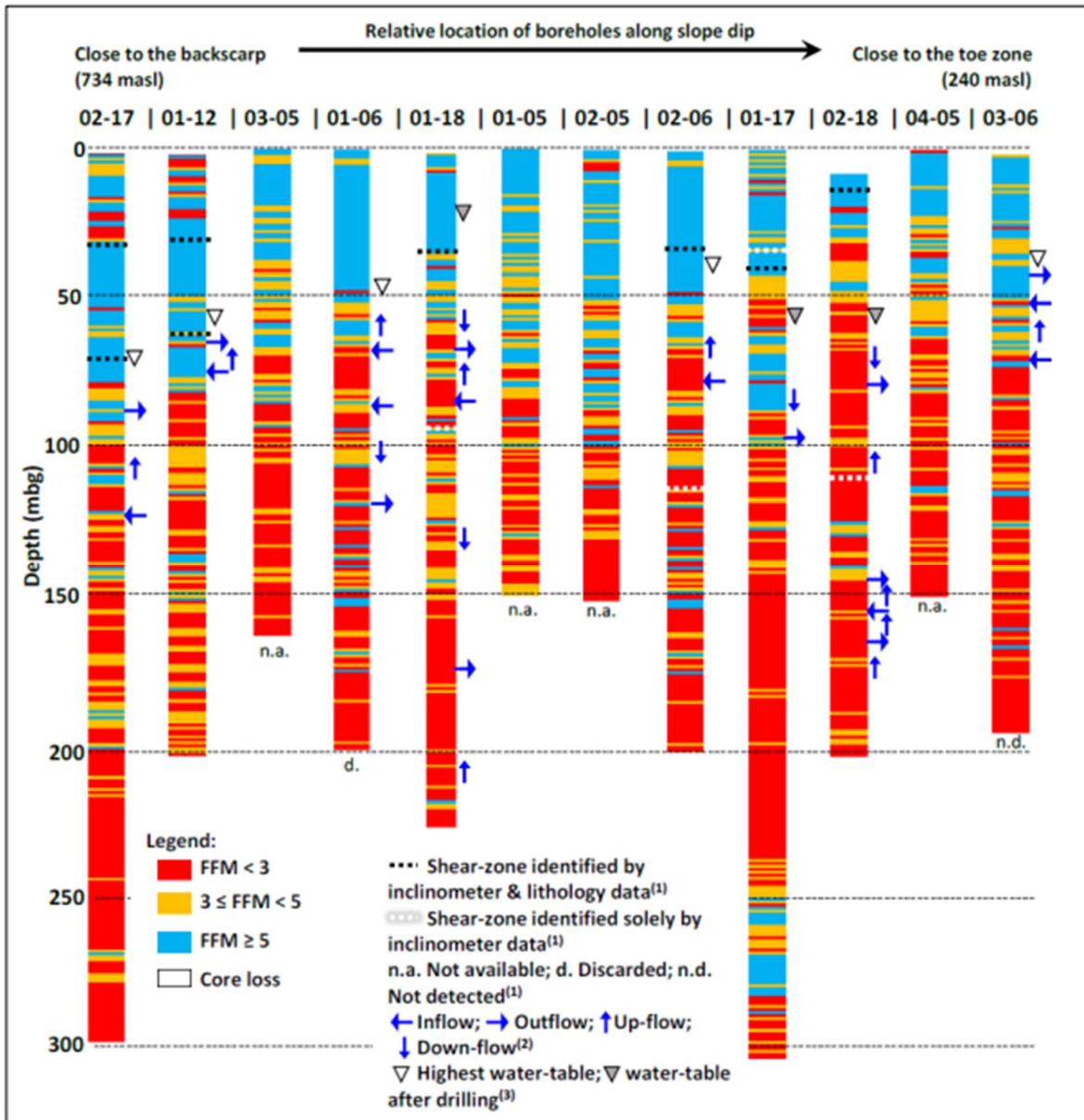
Basert på feltobservasjoner på Åknes og i Strandadalen og informasjon fra tilgjengelig grunnlagsmateriale vurderes berget utenfor det ustabile fjellpartiet som godt egnet for tunneldriving. Hovedutfordringer forventes å være knyttet til høye bergspenninger og større vanninnbrudd med høyt vanntrykk.

Boring av dreneringshull inn i og gjennom skredområdet forventes mer krevende pga. økt oppsprekking, se Figur 4-3.

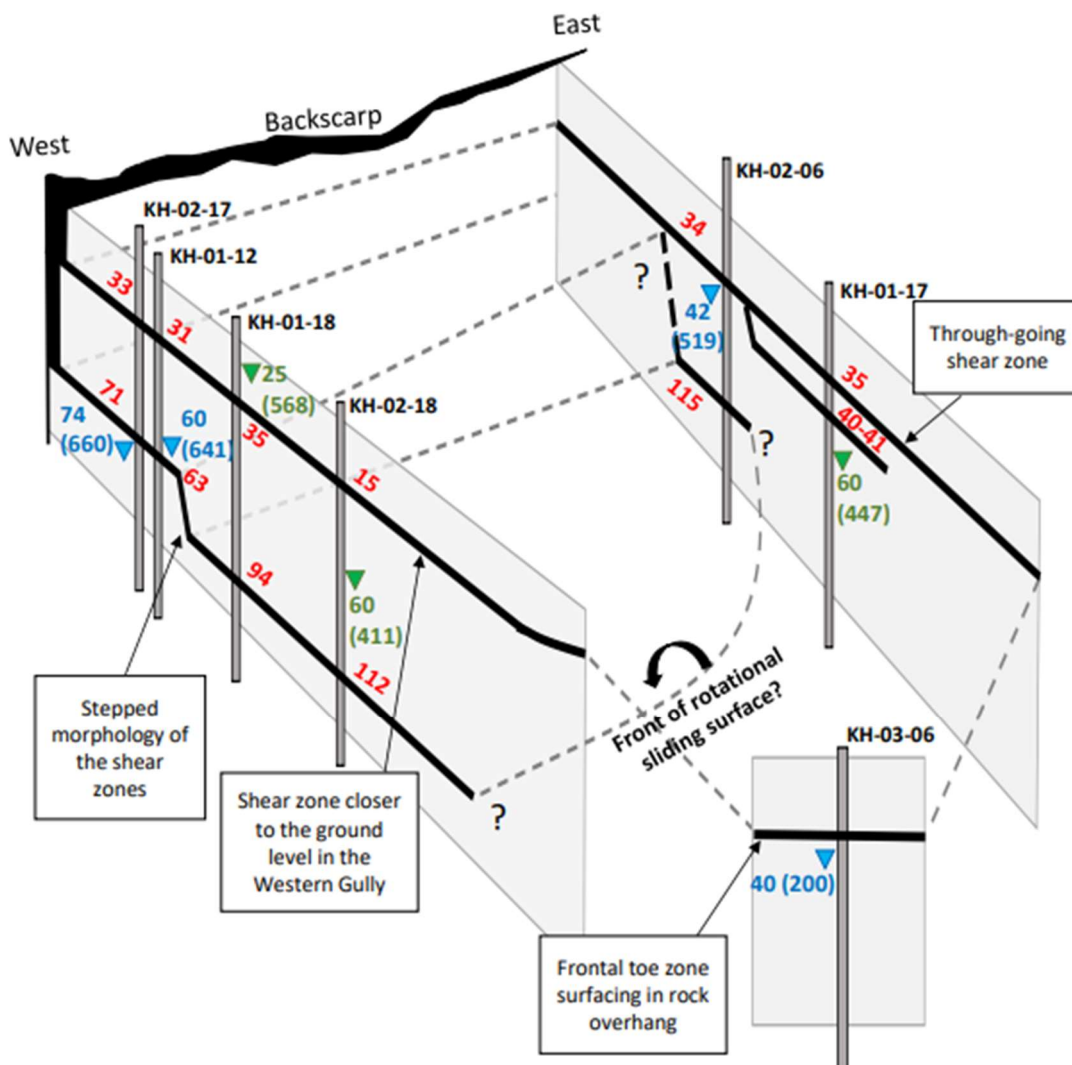
4.2.3 Skjærsoner i Åknes skredområde

Figur 4-3 viser identifiserte skjærsoner og en sammenstilling av registrert oppsprekking i borehull ved Åknes. Det er identifisert bevegelser/skjærsoner ned til +/- 100 m i tre borehull. Datagrunnlaget viser at det finnes flere nivåer av glideplan, og to hovednivåer er tolket i [7]: Et grunt ved 31-35 m dyp og et dypt på mellom 63 og 115 m dyp. Figur 4-4 illustrer dette i en tredimensjonal modell av skjærsoner (glideplan) i skredområdet. Det grunneste glideplanet ligger over grunnvannstand, mens det dypeste ligger hovedsakelig under grunnvannstand.

Glideplanene synes ikke å være kontinuerlige/gjennomsettende i hele området. Store områder er heller ikke undersøkt. Det vurderes å være betydelig usikkerhet knyttet til skredområdets dybde og hvordan dette varierer.



Figur 4-3: Sprekkefrekvens for de 12 kjerneborehullene ved Åknes [7]. FFM=sprekker per meter kjerne. Identifiserte skjærsoner identifisert ved kjernelogging og/eller inklinometerdata er markert med stiplede linjer. Borehullenes plassering i fjellsiden er vist på Figur 3-1 [7].



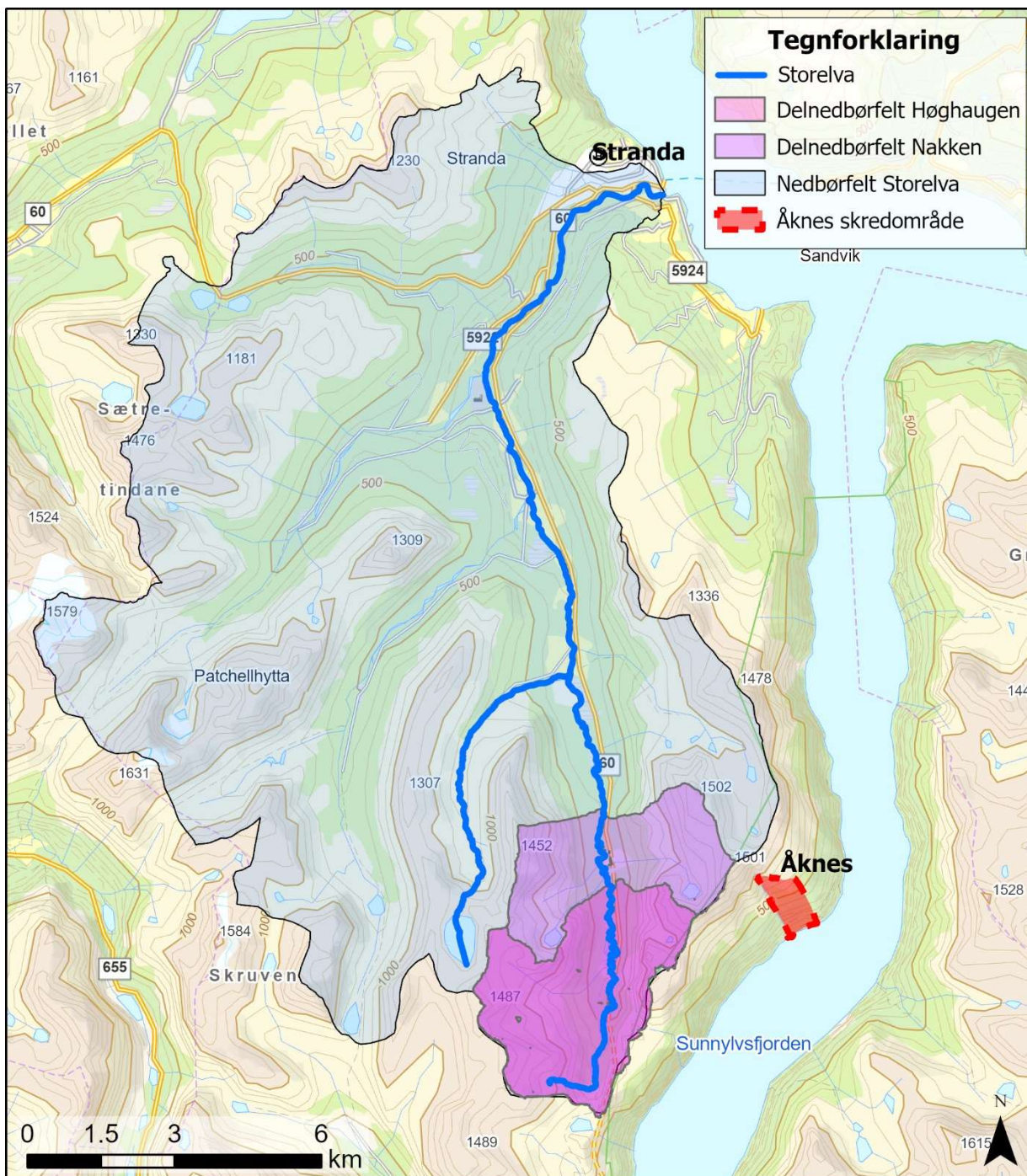
Figur 4-4: Tredimensjonal modell av skjærsoner i skredområdet, hentet fra [7]. Figuren er ikke i skala. Rød tekst angir dybde til glideplan, blå tekst angir dybde til høyest målte grunnvannstand, grønn tekst dybde til vannstand etter boring, og i parenteser angis tilsvarende kote grunnvannstand.

4.3 Avrennings-/dreneringsveier

4.3.1 Strandadalen

Hovedelva i Strandadalen, Storelva, har mange relativt store sideelver. Nedbørfeltet til Storelva ved utløpet i fjorden ved Stranda er på ca. 180 km². Nedbørfeltet ved det nordligste foreslåtte tunnelpåhugget (Nakken) er på ca. 21 km², og nedbørfeltet ved tunnelpåhuggene ved Høgshaugen er på ca. 12,5 km², se Figur 4-5.

Utslipp av vann kan således ha betydning lokalt i områdene ved der en planlegger påhugg og like nedstrøms, mens betydningen sannsynligvis vil være ganske liten i de nedre deler av Storelva. I tillegg er det mange store og små dreneringsveier nedover dalsidene, hvor det kan komme relativt mye vann i flomsituasjoner, som blant annet må tas hensyn til ved påhuggs- og anleggsområder, hvor en skal kjøre, samt lagre masser. Disse vannveiene kan også, spesielt i ekstremisituasjoner, bidra til vannrelaterte skred.



Figur 4-5: Dreneringskart over nedbørfeltet til Storelva fra NVE Atlas / REGINA, med utløp ved Stranda. Delnedbørfelt til Høggaugen og Nakken er generert i GIS analyseprogrammet Scalgo.

4.3.2 Åknes

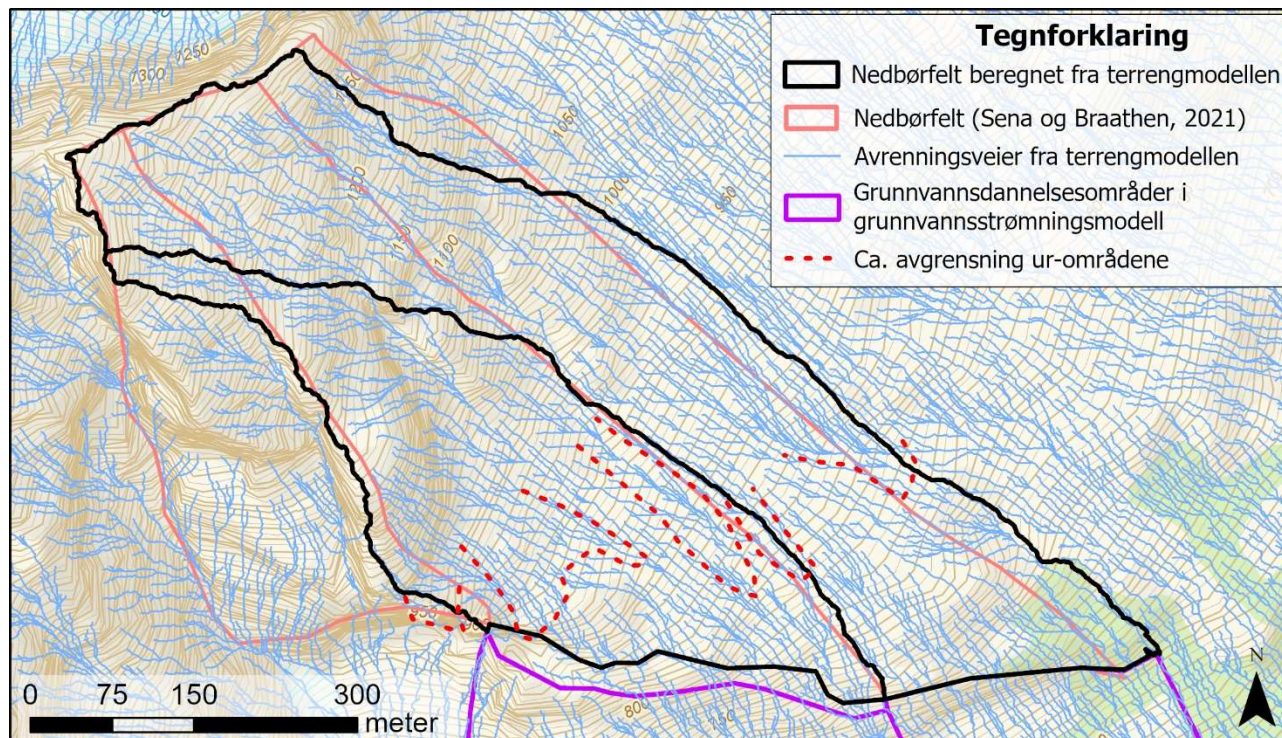
Et avrenningskart og tilhørende avgrensinger til delnedbørfelt er vist i Figur 4-6. Metoden og usikkerheter er beskrevet i Vedlegg 4: Arbeidsgrunnlag hydrologi.

Antagelser om avgrensning av nedbørfeltet inkluderer:

- Kartlegging av avrenningsveier fra terrengmodellen og avgrensninger av lokale nedbørfelt er beregnet kun med hensyn til overflatevann. De tar ikke hensyn til infiltrasjon og/eller grunnvannstrømning i løsmasseavsetninger. Det er observert vannkilder ovenfor baksprekken, og disse tyder på at det må være noe vann som renner under bakken.
- Avgrensning av området som bidrar til grunnvannsdannelse ovenfor baksprekken har samme avgrensning som nedbørfeltet beregnet med hensyn til overflatevann. Dette er en vanlig antagelse, men den har betydning for vurdering av dreneringseffekten til avskjæringsgrøfter.

Avrenningskart er beregnet i ArcGIS Pro (GIS-programvare). Scalgo Live (et analyseverktøy som benyttes for å enkelt kunne gjøre analyser av vann på overflaten) ble benyttet som et hjelpemiddel underveis i vurderingene og som kontroll på analysen i ArcGIS Pro. Avgrensning til nedbørfelt ble beregnet i ArcGIS Pro. Nedbørfeltarealet ovenfor grunnvannsdannelsesområdet mot vest (svart polygon til venstre i Figur 4-6) er 0,107 km². Nedbørfeltarealet ovenfor grunnvannsdannelsesområdet mot øst (svart polygon til høyre i Figur 4-6) er 0,154 km². Total nedbørfeltareal oppstrøms baksprekken er derfor 0,261 km².

Det er mye usikkerhet knyttet til avrenningsveier, spesielt over ur-områdene og andre type løsmasser. Terrengdatagrunnlaget er fra 2015. Det er få tydelige søkk i terrenget, og terrenget er dynamisk pga. skred. Det er små endringer som skal til for at avrenningsveiene endrer retning.



Figur 4-6: Dreneringskart generert fra terrengmodellen i ArcGIS Pro og tilhørende delnedbørfelt. Nedbørfeltene er sammenlignet med tidligere anslåtte nedbørfeltgrenser for dreneringen til de ulike delene av baksprekken. Det er mye usikkerhet tilknyttet avgrensninger av delnedbørfelt, spesielt der grensene krysser ur-områdene.

4.4 Skredfare

4.4.1 Strandadalen

Strandadalen er utsatt for både jord- og flomskred, steinsprang og snøskred. De store snøskredene dominerer dalen med potensielt utløp over dalbunnen. Fylkesveg 60 ligger på østsiden av Strandadalen, men snøskred kan både nå og krysse vegen fra begge dalsider ved flere lokasjoner. I tillegg er det en rekke mindre potensielle løснеområder med kortere utløp og steinsprang både avløst direkte fra fjell og reaktivert fra ur eller moreneområder. I skredrenner og vifter ut fra gjel forventes det at det både kan gå snøskred og flomskred. Snøskredvifter er gjerne bygd opp ved at snøskred frakter med seg steinmasser.

Snøskred i området kan deles i 3 typer:

- 1) Store snøskred som kanaliseres i større dalsider og botner.
- 2) I tillegg går det årlige snøskred som starter oppe botner med utløp gjennom mindre gjel som for eksempel gjelet sør for Høgghaugen.
- 3) Mindre snøskred som starter i mer åpent terreng uten kanalisering. Disse løснеområdene får generelt mindre utløp, men de finnes i nær sagt alle fjellsider.

Snøskred kan i varsles, og sikres, men for store skred er dette svært omfattende. Steinsprang er mer håndterbart i det en kan sette opp steinsprangnett, eller for lokale skrenter utføre sikringstiltak i form av rensk, nett og/eller bolting. Ved tunnelpåhugg setter en ofte opp midlertidig arbeidssikring i anleggsfasen. Basert på en slik vurdering vil en søke etter områder som ikke er utsatt for snøskred og der eventuelt steinsprang er håndterbart. Foreslåtte påhugg og riggområder ligger utenfor de større snøskredene. Det vil imidlertid være aktuelt å utføre sikringstiltak med tanke på steinsprang og mindre snøskred.

4.4.2 Åknes

Snøskred

Så å si alt terreng på Åknes er enten løснеområder eller er utløpsområder for snøskred. Snøskred går helt til fjorden både i gjel og ned fra flater. Me-Åknes har historie som bekrefter dette. Flosteinfonna går i vestre kløft. Denne går med snøskred flere ganger på vinter og vår. Steinsprang kanaliseres i gjelet og det er her direkte farlig å oppholde seg. Flom- og sørpeskred er mulig, men med hyppige våte snøskred så vil det være lite masse tilgjengelig i løpet.

Steinsprang

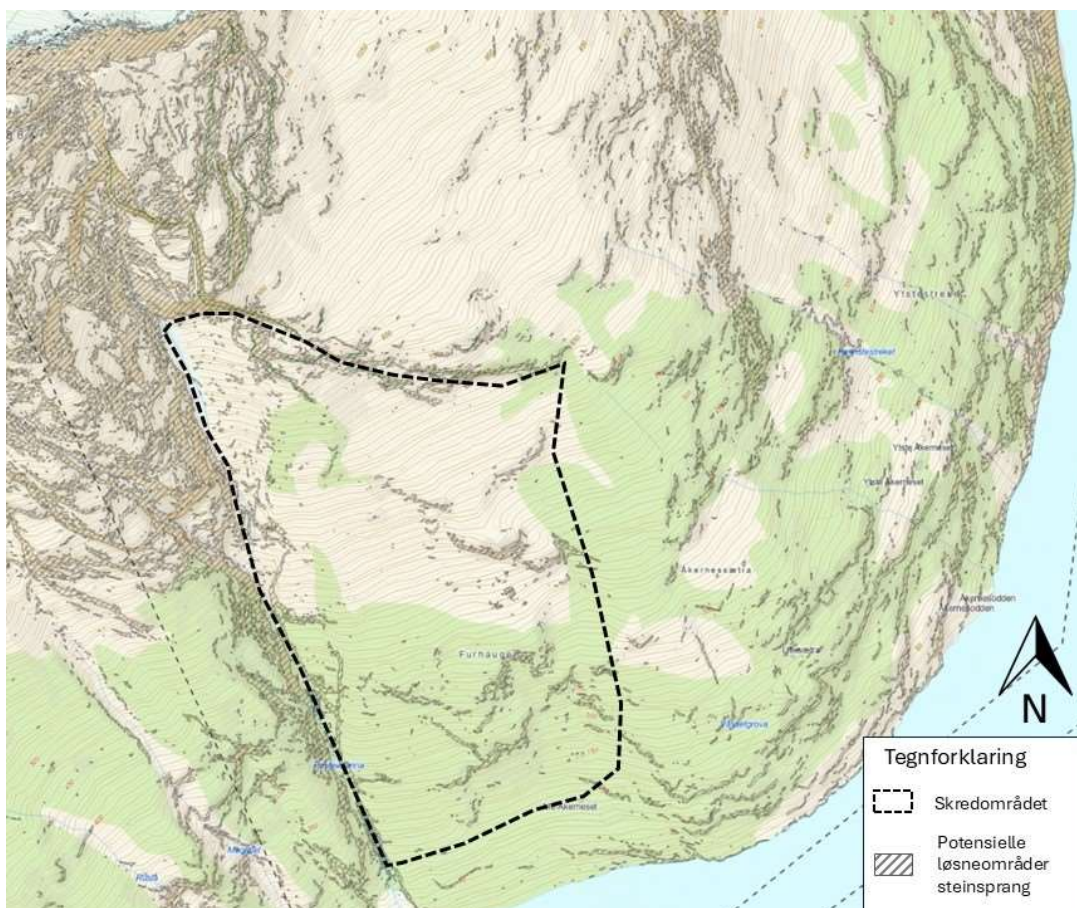
Skraverte områder i Figur 4-7 er områder brattere enn 50 grader og er potensielle løснеområder for steinsprang. For arbeid som skal utføres for eventuelle avskjæringsgrøfter er det i hovedsak utløsning fra de øverste skrentene som utgjør risiko (Figur 4-8). Går det steinsprang i det øvre området, er det liten sannsynlighet for at blokkene stopper opp før baksprekken, dvs. at aktuelt anleggsområde for etablering av avskjæringsgrøfter ligger bestemt innenfor utløpsområdet for steinsprang. Når en kommer lengre nordover mot Ytste Åkneset så avtar steinsprangfaren fra de øvre områdene. Her er det imidlertid ikke vurdert mellomliggende bergskrenter.

NVE Stranda har gitt informasjon om at det har gått steinsprang mot deres anlegg i området, og installasjoner og kabler har blitt ødelagt. Med mye nedbør øker normalt steinsprangaktivitet. Opphold og arbeid før sikring bør derfor vurderes i forhold til forutgående vær og nedbør, samt varslet nedbør. Norconsult vurderer at faren for steinsprang er langt større enn det som er akseptabelt for anleggsarbeid. Faren er imidlertid ikke større enn andre steder der det installeres sikring mot steinsprang. Det anbefales

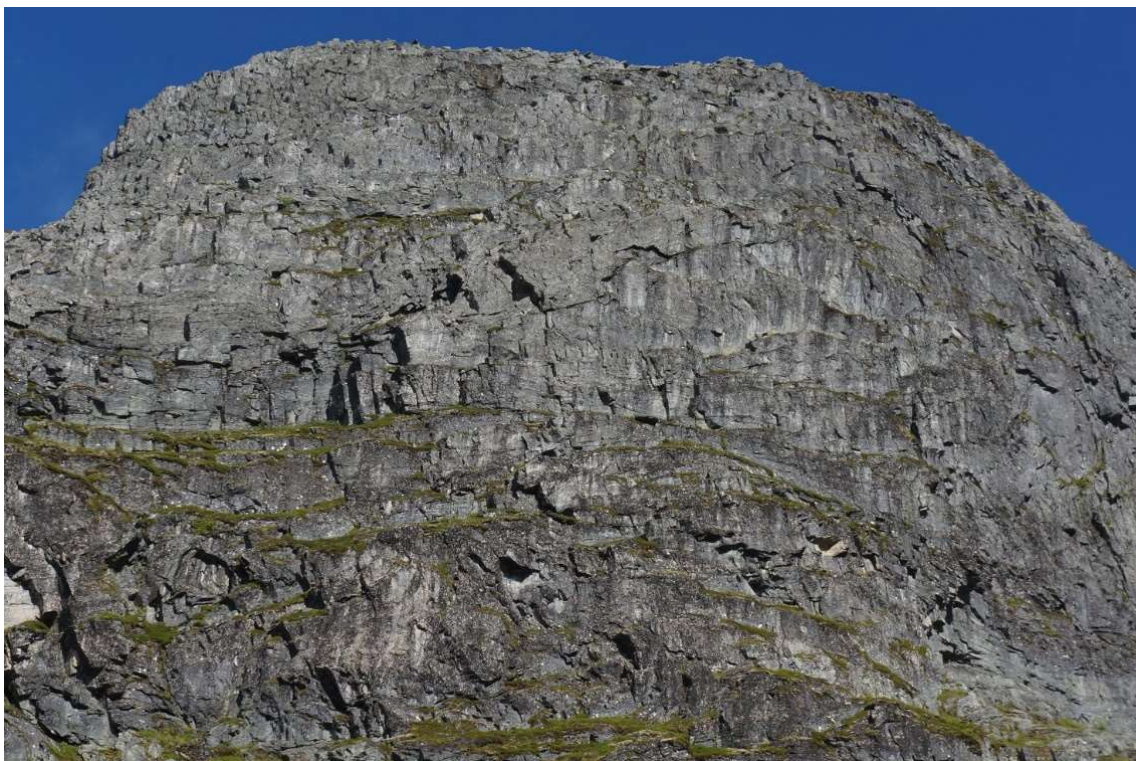
sikring med fangnett for steinsprang for anleggsområdet og alle steder med opphold som fysisk ikke er sikret.

Oppsummering

Alt areal på Åkneset er fareområder både for snøskred og steinsprang. Både snø og steinsprang har potensial til å gå til fjorden. Alt arbeid og opphold må sees i forhold til skredfare. Steinsprang kan løses ut hele året, og regenerering av terrengblokker er også aktuelt i nedre deler. Arbeid med etablering av avskjæringsgrøfter for drenering skal ikke utføres uten at området er sikret mot steinsprang. Opphold kan kun gjøres i sikret bygg og område. Snøskred kan en vanskelig beskytte seg mot og arbeid skal ikke foregå når det ligger snø på de øvre svæne. Boring av dreneringshull fra dagen skal ikke utføres uten at steinsprangfare lokalt er vurdert og eventuelt sikringstiltak er installert.



Figur 4-7: Potensielle løснеområder for steinsprang markert med svart skravur (helling >50 grader).



Figur 4-8: Brattskrent bak Ørnereiret (bilde tatt fra Ørnereiret). Bergmassens oppsprekking medfører at blokker står stablet, og at det er risiko for utfall. Skygger viser overheng.

5 Forutsetninger for prosjektering

5.1 Overordnede forutsetninger for dreneringsløsninger

Førende for de valg Norconsult har gjort ved utarbeidelsen av dreneringsløsninger har vært NVE sine overordnede forutsetninger og prioriteringer som definert i konkurransegrunnlaget [5] og drøftet i samarbeidsmøter og idémøte (Vedlegg 1: Rapport fra idémøte 14. mars 2024).

- Dreneringstunnelens påhugg skal være i Strandadalen.
- Det er ønskelig med en dreneringsløsning som i størst grad oppfyller vurderingskriteriet «best mulig dreneringseffekt».
- Det bør legges til rette for trinnvis utbygging av dreneringstiltakene.

5.2 Prioriteringsområder for drenering av grunnvann

Tabell 5-1 og Figur 5-1 beskriver og illustrerer anbefalte prioriteringsområder for drenering.

Følgende forhold ligger til grunn for de anbefalte prioriteringsområdene:

- Drenering av grunnvann i skredområdet er foretrukket i øvre del av skredområdet, inkludert baksprekkområdet, fordi dette er hovedinnstrømningsområde for grunnvann, og området med størst registrert bevegelse utstrekkes fra vestre baksprekk ned til kote 300 moh (som vist i Figur 5-1).
- Drenering av grunnvann i den øverste delen av skredområdet forventes å medføre en reduksjon av både grunnvannsspeilet i den grunnest delen av den oppsprukne bergmassen (åpen akvifer), og det overtrykk som er målt i november-desember i dypere deler av den oppsprukne bergmassen (den lukkede akviferen).
- Registrerte bevegelser i nederste del av skredområdet er veldig lav til null (KH-04-05, KH-03-06). I tillegg er fotsonen et utstrømningsområde for grunnvann, hvor det ligger flere grunnvannskilder.
- Den vestre kløften er også et utstrømningsområde for grunnvann, hvor grunnvannet drenerer naturlig gjennom kilder. Derfor er det også vurdert som ikke nødvendig å prioritere drenering av grunnvann langs bunnen av kløften.

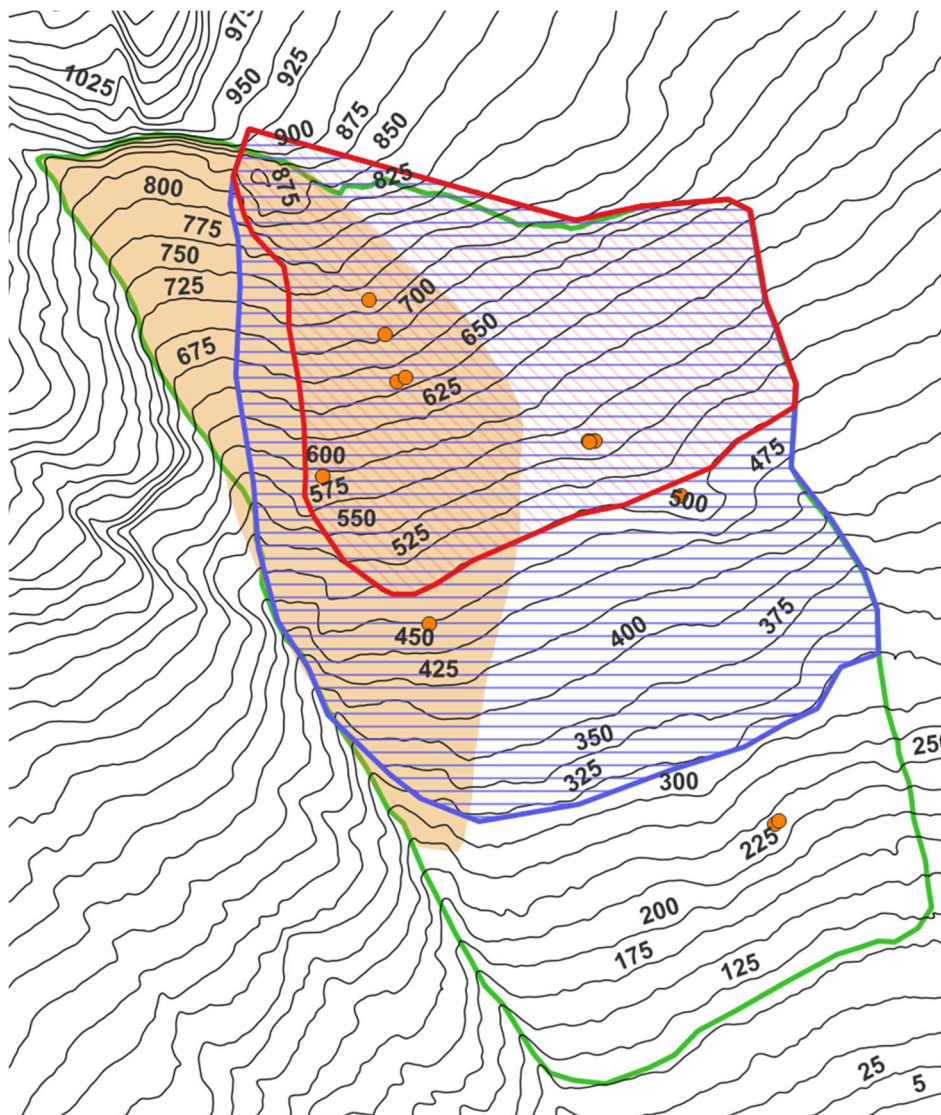
Tabell 5-1: Beskrivelse av anbefalte prioriteringsområder for drenering.

Prioritering	
P1	Øverste del av skredområdet, inkludert baksprekkområdet
P2	Øverste del av skredområdet ned til ca. kote 320 moh., inkludert baksprekkområdet og området med høyeste registrerte årlige variasjon av grunnvannstand og med høyeste registrerte bevegelser
P3	Hele skredområdet

Forprosjekt Åknes drenering

Alternativvurdering av dreneringsløsninger

Oppdragsnr.: 52309571 Dokumentnr.: FELLES-RAP-01 Revisjon: J01



Figur 5-1: Anbefalte prioriteringsområder for drenering. Rød strek=prioriteringsområde 1; blå strek=prioriteringsområde 2; grønn strek=prioriteringsområde 3; beige=vestre flanke av skredområdet som beveger seg raskest, oransje sirkler=overvåkningsbrønner.

5.3 Avskjæringsgrøfter

Premisser for avskjæringsgrøfter er:

- Grunnvannstrykket har sesongmessige svingninger.
- Individuelle nedbørshendelser ser ikke ut til å bidra vesentlig til bevegelser i skredområdet.
- De største bevegelseshastighetene skjer typisk i november – desember som et resultat av den kumulative effekten av nedbør og snøsmelting mellom mai og desember.
- Avrenning over baksprekken renner primært på overflaten og i jordhorisonten, opptil 0,5 – 1,0 m under bakken. Unntaket er ur-områdene, hvor vannet kan renne flere meter under bakken langs overgang mellom løsmasse og berg.

På bakgrunn av premissene listet ovenfor, blir prosjektering av avskjæringsgrøfter styrt av følgende antagelser:

- Det er ikke nødvendig å avlede alt vannet fra ekstreme nedbørhendelser, men ekstreme nedbørhendelser må ikke skade avledningssystemet.
- Kapasiteten til grøftesystemet må være av en viss mengde for at det skal være noe gevinst. Det vil være relevant med en optimalisering mellom avledningsskapasitet, driftssikkerhet og kostnad vs. effekt i forbindelse med videre arbeider i forprosjektet.
- Grøftesystemet prosjekteres for å motstå en 200-års nedbørhendelse (designflommen) med en sikkerhetsfaktor for framtidige endringer i nedbør (klimapåslag). I forbindelse med videre arbeider i forprosjektet må det vurderes om dette er tilstrekkelig.
- For endelig dreneringstiltak i forprosjektet blir det avgjørende å definere til hvilken grad grøftene trenger å være frostfrie, og eventuelt i hvilke tidsperioder. Dette har konsekvenser for grøftegeometrien og tilhørende massevolum, samt materialeegenskaper og levetid.

Følgende faktorer er benyttet for plassering av grøfter på bakgrunn av befaring i juni 2024 samt tverrfaglige diskusjoner:

- Grøftene må være plassert minst 20 m fra baksprekken på grunn av bratte helninger mot baksprekken samt økt sannsynlighet for sprekker i berget.
- Terrenghelning bør være mindre enn 45 grader for å gjøre anleggsutførelsen mindre krevende.
- En lang, sammenhengende grøft er i utgangspunktet mer fordelaktig enn flere små, korte grøfter. Dette er både på grunn av at det gjør det lettere å etablere grøftene (bl.a. pga. mindre behov for å flytte maskiner), men også på grunn av sårbarheten ved å lede vannet fra en grøft til den neste.
- Avskjæringsgrøftene er tenkt etablert i berg, og det vil derfor være best å unngå løsmasseavsetninger (særlig urområdene) så mye som mulig. Det er også veldig mye usikkerhet tilknyttet dybde til berg under urområdene, samt at arbeid i urområder er sikkerhetsmessig krevende og kan skape ustabiliteter i ura.
- Det er lettere å etablere grøfter i østre del enn i vestre del, hovedsakelig pga. terrenghelningen.

Følgende antagelser gjelder for etablering av grøftene presentert i kapittel 6:

- Det er mulig å etablere grøftene i fast berg langs traseene som er tegnet i kapittel 6.2.
- Grøftene kan prosjekteres på en måte som gjør at de ikke er sårbare for punktering / ødeleggelse fra skred, erosjon, e.l.
- Avrenningen må ledes mellom grøftene og videre helt ut av skredområdet.
- Grøftene må etableres nedenfra, dvs. fra øst mot vest, og alt vann ledes ut i en bekk øst for skredområdet.

5.4 Dreneringstunnel

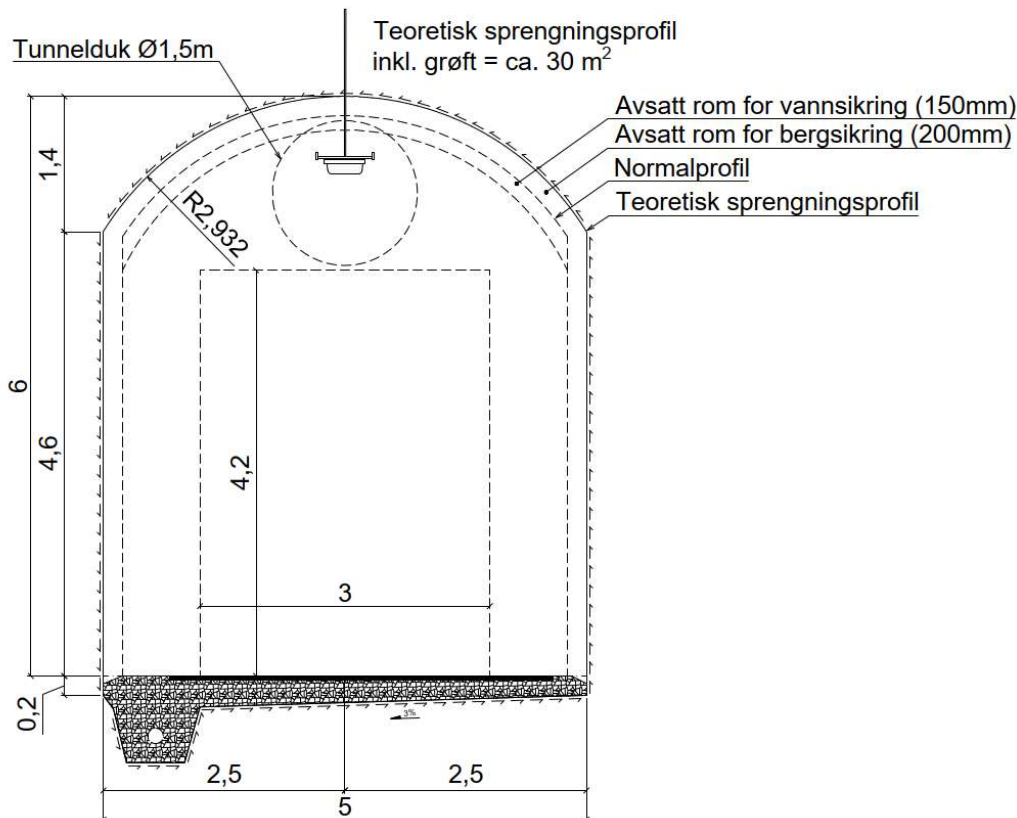
5.4.1 Geometri tunneltrasé

Det foreslås at tunnelen etableres med minimum lengdefall på 0,5% med hensyn til drenering på selvføll og maksimum helning 1:7 med hensyn på drivetekniske forhold.

5.4.2 Tunneltverrsnitt

Foreløpig forslag til minimumstverrsnitt for tunnelen fremgår av Figur 5-2 og er omtrent 30 m². Minimum tverrsnitt for en sprengt tunnel hos de fleste leverandører er ca. 20 m² ettersom de besitter utstyr som krever en viss størrelse. Tunneltverrsnittet må også hensynta tilstrekkelig plass for dimensjonerende kjøretøy, teknisk innredning og nødvendig plass for anleggsventilasjon og -maskiner. Nødvendig plass for anleggsventilasjon vil blant annet avhenge av stofflengden i tunnelen, altså hvor langt tunnelen drives fra en retning. Alle tunnelalternativene som er vurdert i fase 1 har lange stofflengder og vil kreve større plass for anleggsventilasjon enn sammenlignbare, kortere tunneler. Det vurderes derfor at det ikke vil være hensiktsmessig å tilrettelegge for et vesentlig mindre tunneltverrsnitt enn det som er skissert i Figur 5-2. I tillegg vil det være behov for møte- og snunisjer underveis i tunnelen, både for tunneldrivingen og i driftsfasen, samt utvidelse av tverrsnittet der det skal bores dreneringshull. Det anbefales at entreprenør får mulighet til å tilpasse utforming og plassering av nødvendige nisjer for å optimalisere sin anleggsgjennomføring. Det kan også være aktuelt å tilrettelegge for toveis-trafikk på enkelte strekninger av tunnelen.

Det foreslås at tverrsnittet etableres med avsatt rom for kjøretøy på minimum 3 m bredde og 4,2 meter høyde. Dette gir tilstrekkelig plass for inntransport av vanlige lastebiler og betongbiler ved behov i driftsfasen og bedre tilrettelegge for trinnvis utbygging. Ved behov for inntransport av større spesialutstyr i enten bygge- eller driftsfasen bør dette vurderes særskilt i videre faser. Det må også avsettes plass for nødvendige tekniske installasjoner og føringsveier som for eksempel kabelstige med lys, ventilasjon, vann- og frostsikring, drenering, m.m. Omfang av slike installasjoner er ikke vurdert i detalj på nåværende tidspunkt, men vil sees på i neste fase av forprosjektet.



Figur 5-2: Foreløpig forslag til minimumstverrsnitt for dreneringstunnel. Dimensjoner er oppgitt i meter.

5.4.3 Forutsetninger for plassering av dreneringstunnelen i forprosjektet

Det anbefales at tunnelen plasseres utenfor aktiv sone i skredområdet. Utstrekning av aktiv sone er imidlertid beheftet med stor usikkerhet. Som en første antakelse foreslås at det benyttes en dybde på skredområdet på 100 m (se også kapittel 4.2.3).

Det foreslås en sikkerhetsavstand på 20 m i forhold til skredområdets påvirkning på tunnelstabiliteten og i forhold til tunneldrivingens påvirkning på skredområdet (vibrasjoner).

Utfyllende vurderinger om plassering av tunnelen i forhold til skredområdet er gitt i Vedlegg 3: Vurderinger av dreneringstunnelens plassering under skredområdet.

5.4.4 Vibrasjonskrav

Basert på vurderinger om vibrasjoner og påvirkning på skredområdet foreslås et vibrasjonskrav på maks 25 mm/s.

Utfyllende vurderinger om vibrasjoner og påvirkning på skredområdet er gitt i Vedlegg 3: Vurderinger av dreneringstunnelens plassering under skredområdet.

5.4.5 Undersøkelser og overvåking under bygging

5.4.5.1 Undersøkelser fra tunnelen under bygging

Når tunnelen nærmer seg skredområdet og ved tunneldriving under skredområdet vil det være fornuftig med undersøkelser fra tunnelen. Dette kan være undersøkelser i form av sonderboringer og/eller kjerneboringer for å undersøke bergmassekvalitet og vannforhold foran stuff og avstand ut til skredområdet.

5.4.5.2 Overvåking under tunneldriving

Det bør utføres vibrasjonsmålinger for å registrere vibrasjoner fra tunneldrivingen. Videre forventes det at man ved hjelp av eksisterende overvåkingsprogram kan registrere om det skjer endringer i bevegelsene i skredområdet. Det er per nå ikke vurdert om det kan være behov for å supplere instrumenteringen.

5.4.5.3 Trinnvis tilnærming og forsiktig sprengning

Det anbefales en trinnvis tilnærming hvor man ved hjelp av overvåking observerer hva som skjer når tunnelen nærmer seg skredområdet. Med utgangspunkt i foreslått vibrasjonskrav og avstand til skredområdet må det gjennomføres forsiktig sprengning. Det er flere aktuelle tiltak for å redusere vibrasjonene ved tunneldrift, f.eks. justering av tennplaner, reduksjon av sprengladninger, korte ned salvelengden og dele opp tverrsnittet. Justering av tennplanen og reduksjon av enhetsladning forventes å være første tiltak.

5.4.6 Eventuell justering av trasé under bygging

Basert på undersøkelser og overvåking under tunneldriving kan det være relevant å justere traseen for å redusere/øke avstanden til skredområdet eller for å tilpasse seg ny kunnskap om skredområdets dybde. Det bør legges opp til at det er fleksibilitet for justering av traseen under driving.

5.4.7 Arealbehov riggområder ved tunnelpåhugg

Det vil være behov for betydelige arealer ved tunnelpåhugg for riggfunksjoner som f.eks. renseanlegg for anleggsvann, verkstedtelt, slurrytelt, brakkerigg m/parkering, adkomstveier og lagerplass. Dette krever normalt flere tusen kvadratmeter og er blant annet avhengig av behov for mellomlagring av masser på stedet. Noen riggfunksjoner, som kontorrigg, lager, skifte- og spisebrakker, trenger ikke umiddelbar nærhet til tunnelpåhugg dersom det er lite tilgjengelig areal. Det bør likevel være kort vei til påhugg for at ulempene ikke skal bli for store.

Dersom det er mulig, vil det være en stor fordel for entreprenørens fleksibilitet å ha tilgjengelige arealer for mellomlagring av masser i nærheten av påhugg.

6 Beskrivelse og vurdering av løsninger for drenering

6.1 Utvikling av løsninger

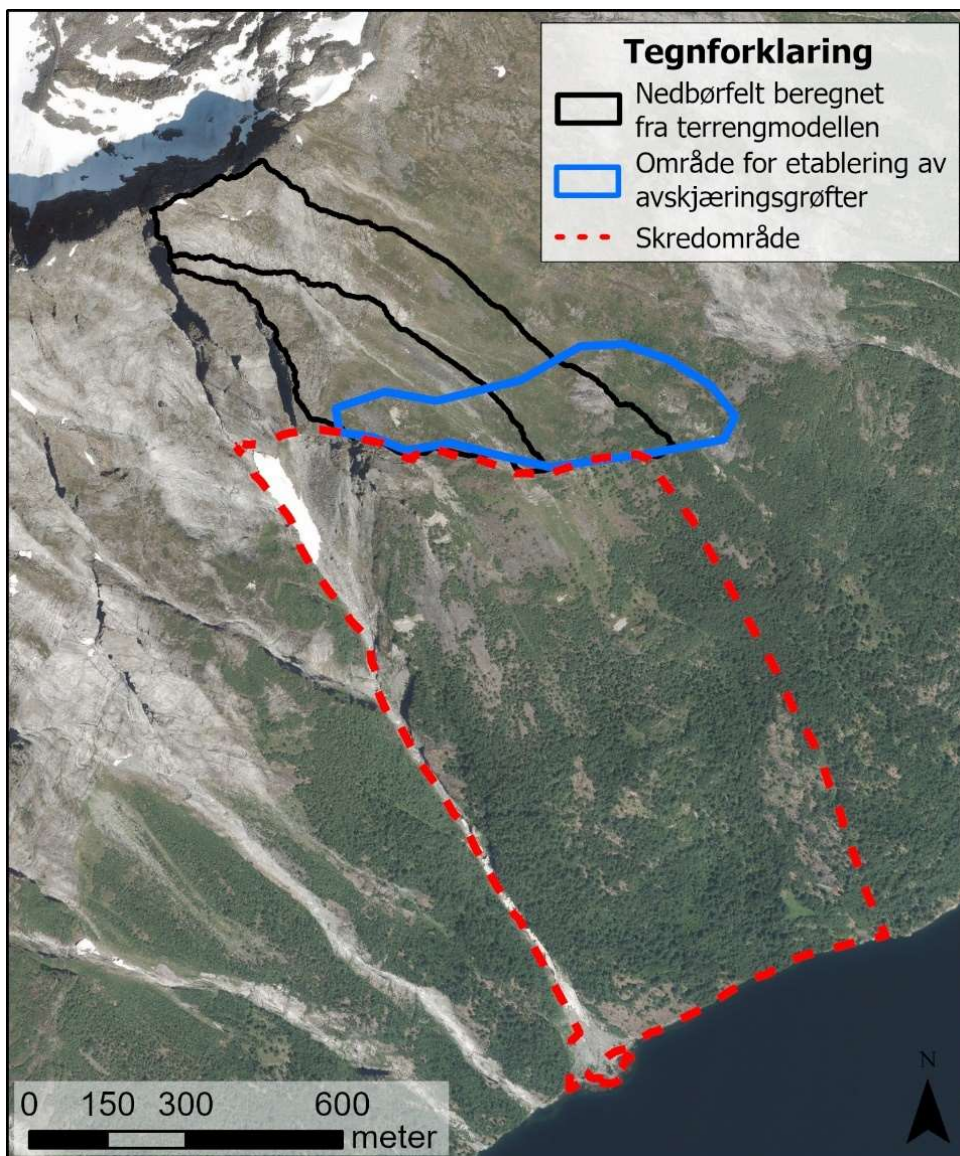
Det har i første fase av forprosjektet (januar – oktober 2024) vært gjennomført et arbeid med utvikling og vurdering av mange ulike løsninger. Løsningene er utviklet i tett tverrfaglig samarbeid. Noen av disse løsningene ble forkastet på et tidlig tidspunkt basert på oppsatte vurderingskriterier (se kapittel 0). En milepæl i dette arbeidet var idémøtet med NVE hvor tidligere og nye alternativer til løsninger ble drøftet. Den innledende silingsprosessen er dokumentert og beskrevet i en egen rapport (Vedlegg 1: Rapport fra idémøte 14. mars 2024).

6.2 Grøfter for avskjæring og bortledning av overflatevann over baksprekk

6.2.1 Beskrivelse

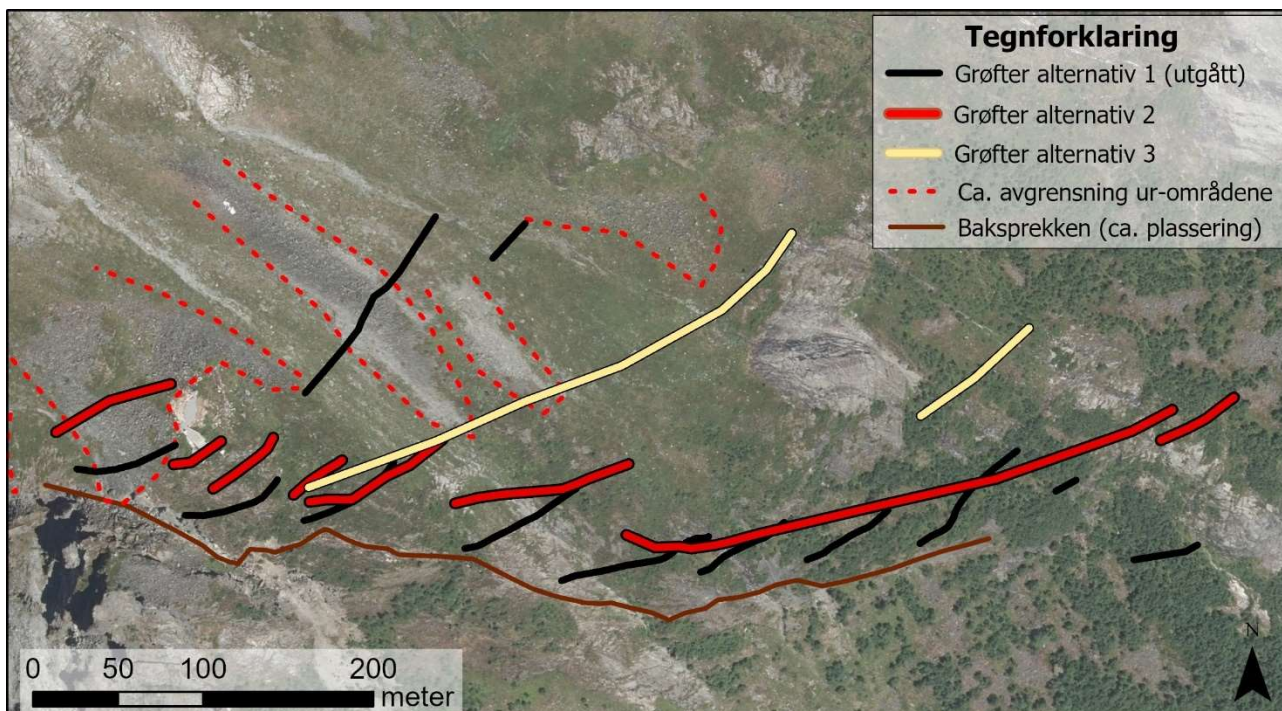
Dette alternativet består av avskjæringsgrøfter, med eller uten drenering ned til tunnel. Løsningen er en videreutvikling fra Multiconsult sitt tidligere forslag [14]. Grøftene anlegges under bergoverflaten og er dermed skjermet for skred, lite synlige fra fjorden, samt at overflatenært grunnvann kan avskjæres.

Det foreslås å etablere grøfter i overflaten oppstrøms baksprekken for å hindre overflatevann i å renne ned i baksprekken og inn i det ustabile partiet. Det aktuelle området er markert i oversiktskartet i Figur 6-1.



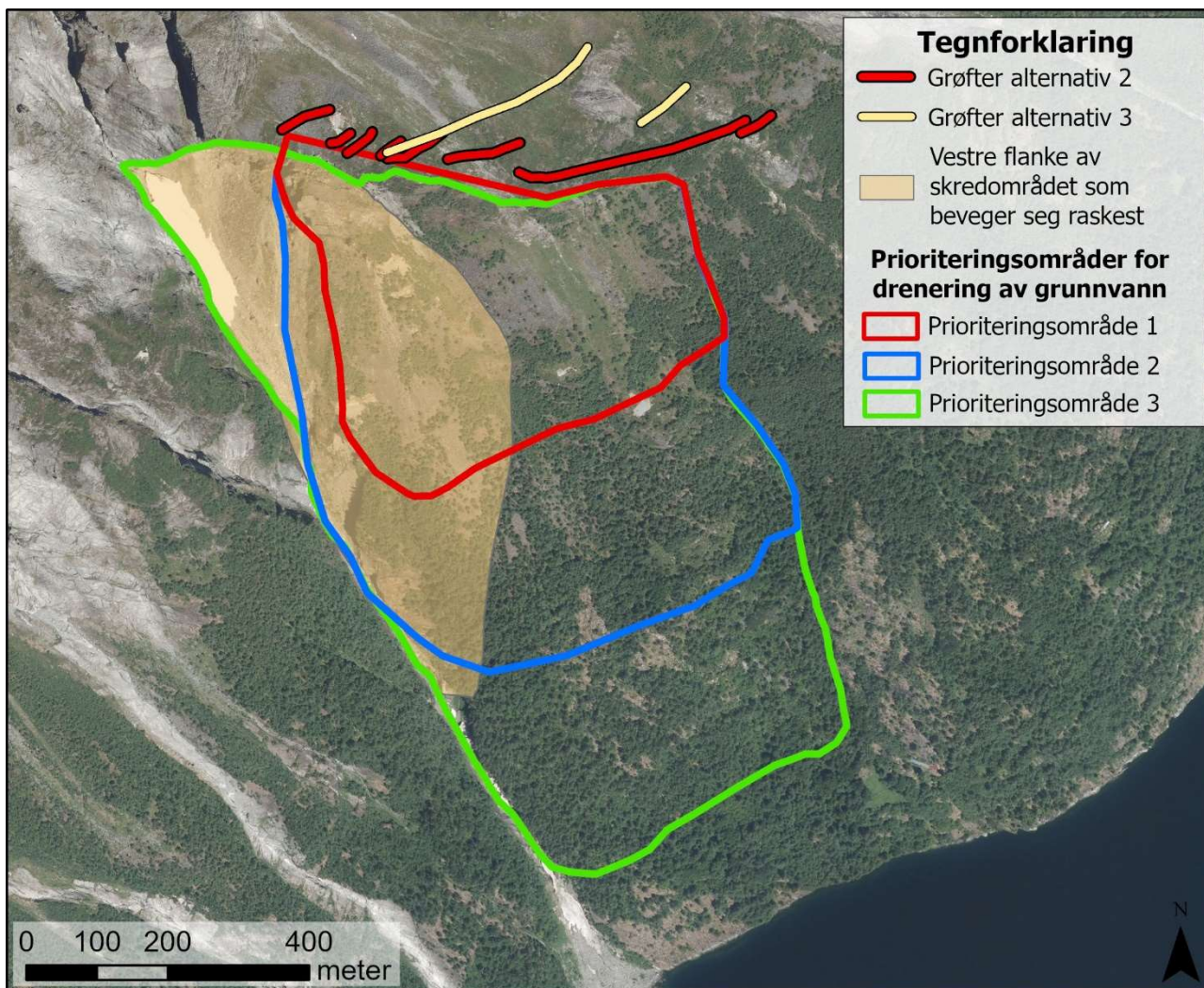
Figur 6-1: Avmerkingen i kartet viser i hvilket område det vurderes etablering av avskjæringsgrøfter.

Tiltaket består av fjellgrøfter (ca. 30 – 350 meter lange) hvor vannet ledes fra grøft til grøft, før det til slutt ledes ut av området i en eller flere bekker mot øst, se skisse i Figur 6-2. Det vurderes to alternativer til grøfteplasseringer (alternativ 2 og 3) etter at et innledende alternativ ble forkastet (alternativ 1). Dette er beskrevet nærmere i kapittel 6.2.3. Faktorer som er benyttet for plassering av grøftene er beskrevet i kapittel 5.3.



Figur 6-2: Tre alternativer til plassering av avskjæringsgrøfter. Alternativ 1 er utgått.

Plassering av alternativ 2 og 3 er sammenlignet med prioriteringsområder for drenering (Figur 6-3). Alternativ 2 fanger 90% av det totale nedbørfeltet oppstrøms baksprekken som tegnet i Figur 4-6. Hvis de fire grøftene lengst vest ikke etableres, dvs. at kun de fire grøftene på østsiden etableres, fanger alternativ 2 87% av det totale nedbørfeltet oppstrøms baksprekken. Alternativ 3 fanger 77% av det totale nedbørfeltet. Det understrekes at avgrensning av nedbørfelt er usikkert i terreng som Åknes.



Figur 6-3. Plassering av avskjæringsgrøfter for alternativ 2 og 3 sammenlignet med prioriteringsområder for drenering som vist i Figur 5-1.

Det er viktig at vannet ledes til et definert punkt i en bekk som ligger utenfor skredområdet. Hvis vannet ledes til bekken som er målpunktet per nå, kan det være behov for sikring nedover i bekketraseen. Dette er fordi denne bekken ikke er skåret ned i terrenget og Norgeskart viser at bekken er "usammenhengende". Å avlede til Heimstrestreket, en bekk som ligger videre mot øst medfører ca. 200 m lengre grøftetrasé uavhengig alternativ, og dette må vurderes opp mot usikkerhet og behov for omfattende sikring hvis vannet ledes til den nærmeste bekken i øst. Uavhengig av bekken vannet avledes til kan det være fare for jordskred/flomskred lengre ned i bekketraseen. Flere detaljer om muligheter for avledning av vannet finnes i Vedlegg 4: Arbeidsgrunnlag hydrologi, og temaet blir nærmere vurdert i neste fase av forprosjektet.

Det er foreløpig vurdert to tverrprofiler for avskjæringsgrøfter med hovedforskjellen at alternativ A leder bort vannet i perforerte rør og alternativ B leder bort vannet i hulrom mellom tilbakefylte steinblokker.

Grøftedimensjoner og endelig geometri blir avhengig av følgende faktorer:

- Bunnhelning langs grøften.
- Plassering i systemet. Grøftene som ligger lengst øst må ha større kapasitet fordi de skal også avlede alt vannet fra grøftene lenger vest.
- Dimensjonerende vannføring
- Sikkerhet mot frost
- Det etableres impermeable lag i bunnen og på nedstrøms side av grøftene. Det vurderes også å strekke et impermeabelt lag litt opp på oppstrøms side avhengig av endelig løsning og omfang av lokale sprekker og riss som dannes under etablering av grøftene.
- Grøftene tilbakefylles med lokale masser så langt det lar seg gjøre.
- Det blir behov for en permeabel geotekstil mellom laget hvor vannet avledes og overliggende masse.
- Grøftene forsøkes å etableres så grunt som mulig for å minimere masseuttak og massehåndtering.
- Det blir behov for punktsikring der hvor eksisterende avrenningsveier krysser grøftesystemet for å unngå punktering av grøften samt for å sikre tilstrekkelig oppfangning av vann ved disse punktene.

Tverrsnittprofil og oppsett til dreneringssystemet blir vurdert nærmere i forbindelse med videre arbeider i forprosjektet.

Det arbeides med å se på muligheten for å lede vannet via borehull til den fremtidige dreneringstunnelen, i stedet for/i tillegg til å lede vannet til eksisterende bekkesystem øst for skredområdet. Dette vil da trolig bli en trinnvis utvikling, hvor man starter med å lede vannet til bekkesystemet øst for skredområdet og senere, etter at tunnelen er etablert, leder vannet via borehull til tunnelen.

6.2.2 Vurderinger

Vurderinger knyttet til grøfter for avskjæring og bortledning av overflatevann er oppsummert i Tabell 6-1.

Tabell 6-1: Tabellen oppsummerer vurderinger knyttet til grøfter for avskjæring av overflatevann.

Alternativ	Fordeler (tekniske forhold)	Ulemper (tekniske forhold)	Fordeler (miljø og samfunn)	Ulemper (miljø og samfunn)
Grøfter for avskjæring av overflatevann	<ul style="list-style-type: none"> • Raskere utførelse enn tunnelbygging • Billigere enn tunnel • Sparer massehåndtering (sammenliknet med tunnel) • Kan fungere som anlegg alene • God, veldig god effekt hvis en også samler opp noe grunnvann. • Mulighet for to-trinnsløsning hvor vann fra grøftene ledes via borehull til dreneringstunnel 	<p><i>Gjennomføring:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Inngrep i bakken ved sprengning og pigging. Det må påregnes behov for sømboring, forsiktig sprengning og evt. forbolting for å ivareta grøfteprofil og minimere inngrepet. • Bratt terreng for anleggsarbeider, massehåndtering, forflytning, tilrigging etc. • Arbeidssikkerhet i forhold til steinsprangfare og arbeid i bratt terreng • Kort sesong for anleggsarbeider (ca. medio juni – medio oktober) • Helikoptertransport av både utstyr og personell <p><i>Sårbarhet for skred</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Sannsynligvis behov for installasjon av fangnettjerder for å sikre arbeidsstedet mot steinsprang. • Mulig behov for sikringstiltak nedenfor anleggsområdet for å sikre mot nedfall av stein fra anlegget. <p><i>Drift- og vedlikehold</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Vanskelig tilgjengelighet for inspeksjon. • En del arbeid hvis noe må graves opp i forbindelse med vedlikehold. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tiltaket vil etter etablering og revegetering trolig være lite synlig fra fjorden. 	<ul style="list-style-type: none"> • Inngrep i fjell-naturtyper og vegetasjon. Reetablering vil trolig gå over flere år fordi tiltaket ligger høyt. • Drenering vil kunne gi endringer i vegetasjonssammensetning i berørte områder. • Overskuddsmasser vil trolig måtte lagres i terrenget og vil derfor medføre arealbeslag.

6.2.3 Alternativer vurdert og forkastet

I starten av fase 1 ble det lagt fram to ulike murløsninger basert på skisseprosjekter utført av hhv. Multiconsult [14] og Sweco [15]. Disse alternativene ble forkastet i idémøtet 14. mars 2024 (se Vedlegg 1: Rapport fra idémøte 14. mars 2024).

Det første alternativet til grøfteplasseringen (alternativ 1) ble forkastet etter befarings i juni 2024. Under befarings ble det vurdert at grøftene var foreslått for nært baksprekken og ikke kunne utføres som tenkt på grunn av nærhet til bratte skråninger ned mot baksprekken. Det ble også vurdert at det var unødvendig oppdeling i mange grøftesegmenter.

6.3 Dreneringshull fra overflaten

6.3.1 Beskrivelse

Det er skissert et alternativ med boring av dreneringshull fra overflaten i skredområdet, se Figur 6-4 og Figur 6-5. For dreneringshull inne i selve skredområdet er det tatt utgangspunkt i eksisterende lokaliteter benyttet for kjerneboringer. Det vil være behov for utvidelse av eksisterende plattformer fordi disse er i bruk i forbindelse med instrumentering av skredområdet. Det vil være aktuelt å etablere helt nye boresteder for å kunne bore dreneringshull i midten av skredområdet og i fotsonen (se Figur 6-4).

Det kan både være aktuelt med hammerboring (destruktiv boring) og kjerneboring. Det er tidligere utført kjerneboring på Åknes hvor utstyret er flydd inn. Formålet er å etablere dreneringshull, og det viktigste kravet til hullene er at de bores på stigning og med tilstrekkelig hullavstand i forhold til borenøyaktighet. Hulldimensjoner vil avhenge av utstyret som benyttes.

Det er usikkerhet omkring hvor man vil treffe på vannførende sprekker/soner, og det må derfor påregnes prøving og feiling. Videre er det usikkerhet omkring forventet vannmengde. Vannmengder vil også avhenge av eventuelle kombinasjoner med andre dreneringstiltak, f.eks. avskjæringsgrøfter.

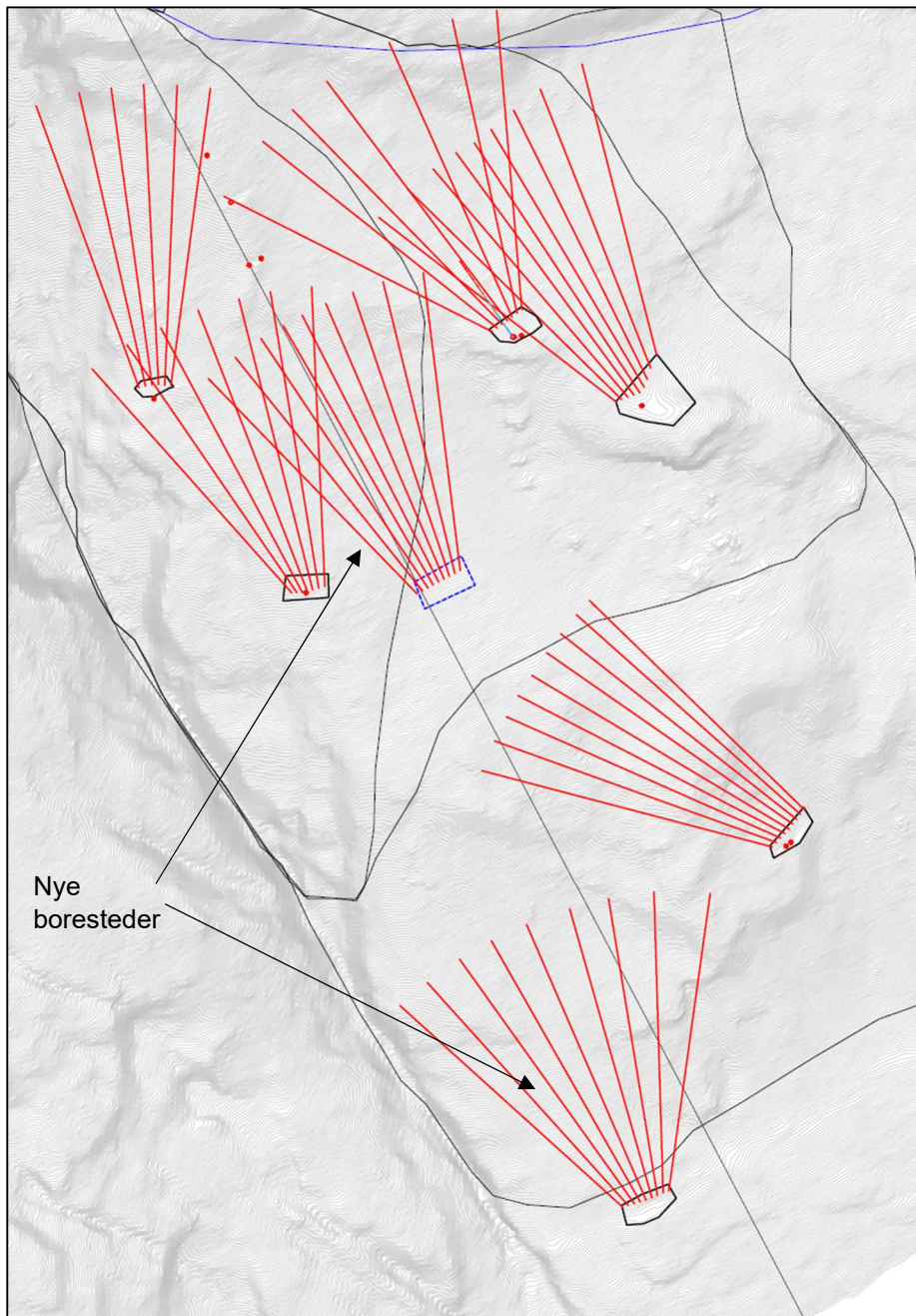
Det ble utført befarings til det nederste foreslåtte borestedet i juni 2024. Det nestnederste borestedet ble befart fra helikopter og øvrige foreslåtte boresteder er ikke befart.

Det er flere utfordringer knyttet til anleggsfasen som vurderes å være løsbare:

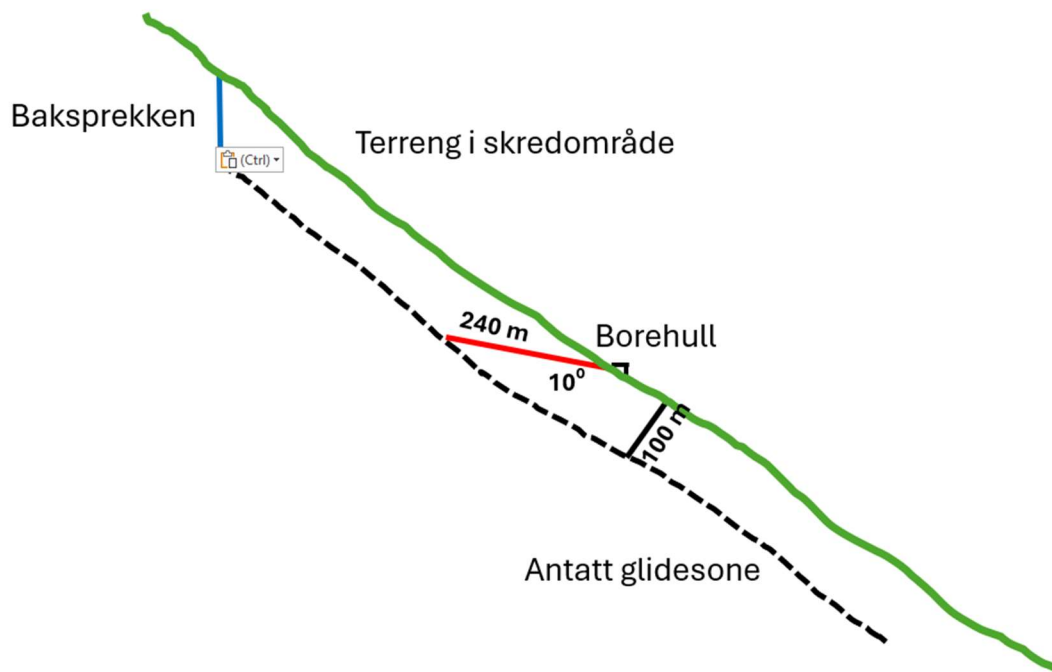
- Vanntilgang. Ved tidligere boreoperasjoner (kjerneboringer) ved Åkneset er det benyttet vann fra Instevatnet som ligger nord for Flosteinnibba. Det var da utfordringer med trykk på vannet og brudd i vannledning. Horisontal avstand fra nedre del av Åkneset til Instevatnet er ca. 2 km. Instevatnet ligger på kote 1090.
- Steinsprangfare i anleggsfasen. Sikringstiltak (rensk, fangnettgerder) antas å være aktuelt ved borestedene.
- Etablering og/eller utbedring av boresteder i bratt terreng.
- Helikoptertransport av utstyr og personell.
- Håndtering av vann ved borestedet.

Det vil være behov for et anlegg for å ta hånd om vannet og lede det bort fra skredområdet. Aktuelle tiltak avhenger av borested. Ved boresteder nedstrøms skredområdet kan vannet ledes i terreng mot sjø. Ved boresteder inne i selve skredområdet må vannet ledes enten mot vestre kløft eller østre bekk. Aktuelle metoder må vurderes nærmere. Det kan være aktuelt med slanger, grøfter og/eller borehull.

Det må påregnes vedlikeholdsbehov av både dreneringshullene og anlegg for bortledning av vann. Dreneringshullene må antas å ha begrenset levetid pga. oppsprukket berg og/eller pågående deformasjoner i det ustabile fjellpartiet, og vedlikehold i form av boring av nye hull vil være aktuelt.



Figur 6-4: Skisse av mulig oppsett for dreneringshull fra dagen. Plassering av hull og antatte hullengder er ikke utført i detalj. De angitte borestedene er skjematisk skissert som et prinsipp. Utforming og nødvendig areal ved borestedene må prosjekteres. Plassering av hull og anslåtte hullengder er ikke vurdert i detalj.



Figur 6-5: Tverrsnitt som viser prinsipp for dreneringshull.

6.3.2 Vurderinger

Vurderinger knyttet til dreneringshull fra overflaten er oppsummert i Tabell 6-2.

Tabell 6-2: Tabellen oppsummerer vurderinger knyttet til dreneringshull fra overflaten.

Alternativ	Fordeler (tekniske forhold)	Ulemper (tekniske forhold)	Fordeler (miljø og samfunn)	Ulemper (miljø og samfunn)
Dreneringshull fra overflaten	<ul style="list-style-type: none"> • Kan etableres i etapper/trinnvis • Raskere utførelse enn tunnelbygging • Billigere enn tunnel • Sparer massehåndtering (sammenliknet med tunnel) 	<ul style="list-style-type: none"> • Fare for at vann som dreneres fra dypere lag ikke følger dreneringshullet hele vegen ut i dagen, men i stedet beveger seg ut i umettet, oppsprukket bergmasse (og/eller i mettet sone med undertrykk) nærmere overflaten. Dette kan medføre uønsket tilførsel av vann til grunnvannssystemet og potensielt føre til trykkoppbygging nye steder. • Relativt lange borehull med potensielle utfordringer knyttet til berg- og vannforhold. I midtre og øvre deler av skredområdet er det erfart store utfordringer med boring av eksisterende kjernehull, hovedsakelig pga. 	<ul style="list-style-type: none"> • For de fleste borehulls-plasseringer er det tatt utgangspunkt i områder med inngrep fra før • Synligheten fra fjorden er begrenset pga. skalaen i landskapet. 	<ul style="list-style-type: none"> • Inngrep i område med uregistrerte kulturminner. Foreslåtte tiltak kan endre opplevelsesverdien og forståelsen av kulturmiljøet. • Inngrep i område med naturverdier knyttet til edelløvskog og gammel kulturmark. • Bearbeidet terreng ved arbeidsstedene og anlegg for å lede vannet ut kan føre til endringer i dagens

Forprosjekt Åknes drenering

Alternativvurdering av dreneringsløsninger

Oppdragsnr.: 52309571 Dokumentnr.: FELLES-RAP-01 Revisjon: J01

Alternativ	Fordeler (tekniske forhold)	Ulemper (tekniske forhold)	Fordeler (miljø og samfunn)	Ulemper (miljø og samfunn)
		<p>oppsprukket bergmasse med svært åpne sprekker.</p> <ul style="list-style-type: none">• Risiko for boreavvik; pga. liten vinkel mellom borehull og hovedsprekkeretning i bergmassen, kan hullet «dra seg» oppover parallelt hovedsprekkeretningen i stedet for å krysse gjennom disse sprekke• Borehull er et nålestikk i bergmassen. Det er risiko for at vannførende sprekker ikke påtreffes ved boringen, og det må påregnes «prøving og feiling».• Risiko for at hullene går tett over tid og/eller deformeres; krever ny tilkomst og oppboring• Kort sesong for anleggsarbeider og for vedlikehold i driftsfasen (antatt juni – oktober)• Helikoptertransport av både utstyr og personell• Steinsprangfare under utførelse. Bratt overliggende terreng, men også mye vegetasjon. Muligens behov for sikringstiltak i form av fangnettgjerd.• Vanntilgang til flere ulike boresteder. Ved tidligere boreoperasjoner (kjerneboringer) ble det benyttet vann fra Instevatnet på kote 1090 moh. Det ble erfart utfordringer med vanntrykk og brudd i vannledningen.• Håndtering av vann i driftsfase: Behov for anlegg for å lede vannet bort fra skredområdet. Potensielt utfordrende og fare for vann på avveier.		<p>vegetasjons-sammensetning.</p> <ul style="list-style-type: none">• Kan påvirke verdensarvattributtet «lite påvirket av mennesker»

Som det framkommer av Tabell 6-2 er det flere forhold ved løsningen som vurderes som utfordrende og beheftet med stor usikkerhet. Det er store usikkerheter knyttet til både etablering av dreneringshullene, effekt og hvorvidt tiltaket kan føre til økt ustabilitet i det ustabile fjellpartiet. Tabell 6-3 oppsummerer forholdene det er knyttet størst usikkerhet til.

Tabell 6-3: Oppsummering av de forhold som vurderes å være beheftet med størst usikkerhet ved tiltaket dreneringshull fra overflaten inne i skredområdet.

Anleggsfasen	Håndtering av vannet (avledning ut av skredområdet)	Effekt	Grunnforholdsrisiko
Risiko for store boreproblemer pga. oppsprukket bergmasse med åpne sprekker, spesielt i øvre og midtre del av skredområdet.	Etablering og drift av anlegg for å lede vannet bort fra skredområdet. For boresteder inne i selve skredområdet må vann ledes mot vestre kløft eller østre bekk. Tiltak avhenger av borested, og aktuelle metoder må ev. vurderes nærmere. Det vurderes å være fare for vann på avveie ifm. bortledning av vannet, og at dette vannet infiltreres tilbake i det ustabile partiet.	Usikkerhet omkring hvor man vil treffe vannførende sprekker/soner. Effekten er avhengig av å treffe vannførende sprekker.	Fare for at vann som dreneres fra dypere lag beveger seg ut i umettet oppsprukket sone og/eller i mettet oppsprukket sone med undertrykk, hvor det kan medføre uønsket tilførsel av vann til grunnvannssystemet og potensiell trykkoppbygging nye steder. Fare for at hull kolliderer eller går tett, noe som kan føre til at vanntrykk kan bygges seg opp på nye steder.

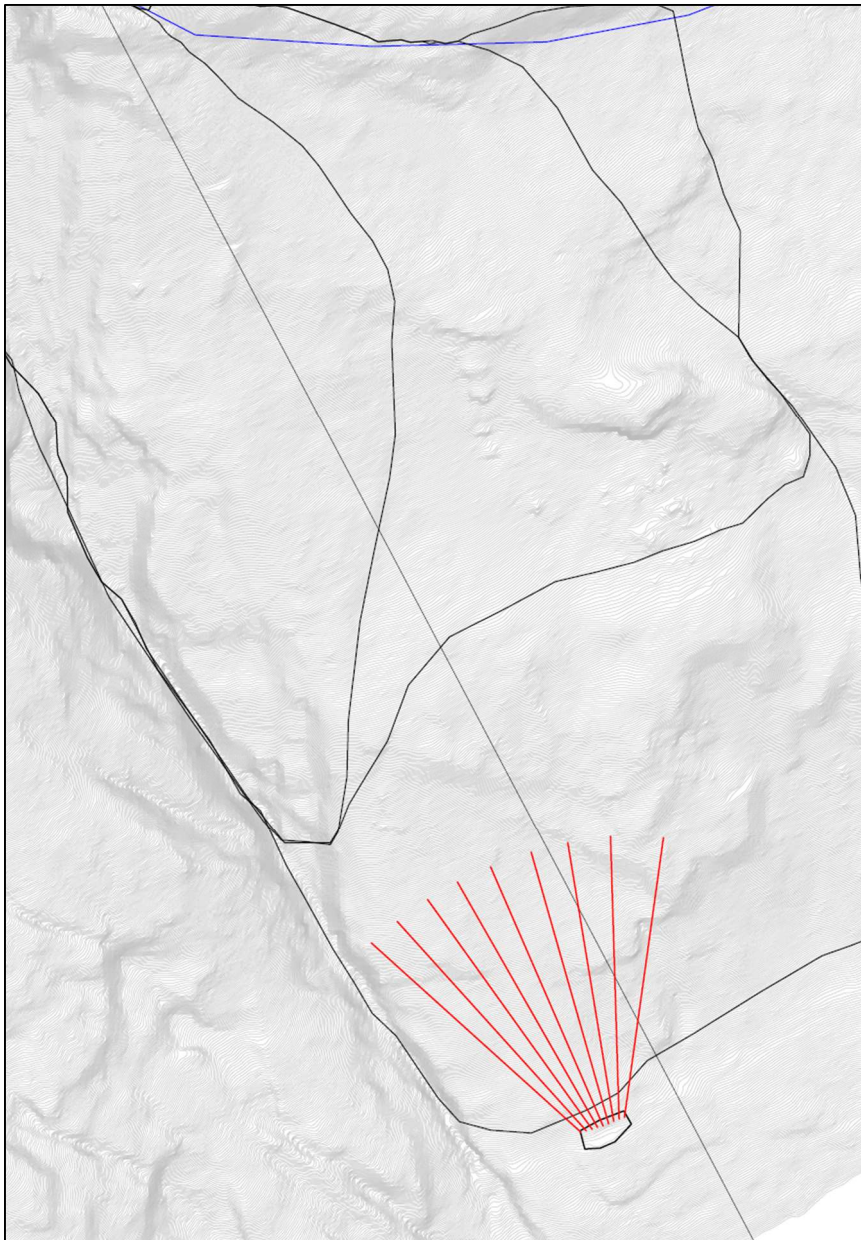
6.4 Dreneringshull fra overflaten i nedre del

6.4.1 Beskrivelse

Det er skissert ut et alternativ med boring av dreneringshull fra overflaten i nedre del av skredområdet som et alternativ til å drive tunnel i hårnålsvinger helt til bunn av skredområdet, se Figur 6-6. Det vil være aktuelt å etablere et (ev. flere) nytt borested for å kunne bore dreneringshull i fotsonen. Dreneringshull fra overflaten i nedre del er et begrenset tiltak som kan inngå som del av trinnvis utbygging av dreneringstiltak, og er ikke vurdert å være aktuelt som et tiltak alene. Kombinasjon med dreneringstunnel og/eller kombinasjon med avskjæringsgrøfter kan være aktuelt.

Det ble utført befarings til det nederste foreslåtte borestedet i juni 2024.

Terrenget i nedre del av Åknes har partier som er mindre bratte, og som har tilkomst fra de gamle sætrene i området. Fra Me-Åkneset, ved ca. kote +90, går det en sti som følger en hylle/flate i terrenget bort til vestre kløft. Ovenfor denne «flaten» stiger terrenget bratt på og har en terrenghelning på gjennomsnittlig mellom 30-45 grader, kun avbrutt av brattere berghammere før man kommer opp til ca. kote 370.



Figur 6-6: Prinsippskisse borehull, kun for illustrasjon. Plassering er ikke utført i detalj. For prinsippskisse tverrsnitt, se Figur 6-5.

Flaten hvor det kan være aktuelt å etablere oppstillingsplasser for boringen ligger i yttergrensen av skredscenario A. Borehullene i nedre del av Åknes må derfor bores på stigning inn mot skredområdet og vil med det drenere fotsonen av skredområdet. Avhengig av hvor fotsonen av skredet ligger, anslås det at borehullene må bores med en vinkel på mellom 10-20 grader helning (fra horisontalen). Med et dyptliggende glideplan på ca. 100 m dyp, vil hullene få en lengde på mellom 240 meter ved boring med en vinkel på 10 grader. Dersom glideplanet ligger grunnere, vil borehullene bli kortere. Detaljer omkring dybde til glideplan i dette området er det ikke sikker kunnskap om. I de to kjerneborene boret nærmest fotsonen (KH-04-05 og KH-03-06) er det ikke identifisert skjærsoner [7].

I nedre del av Åkneset er det lengre arbeidssesong enn i øvre del av fjellet. Terrenget er også i større grad dekket av tett vegetasjon og potensielt mindre utsatt for steinsprang.

Som beskrevet i kapittel 6.3 er det flere utfordringer knyttet til anleggsfasen som forventes å være løsbare. Håndtering av vannet som dreneres ut fra borehull nedstrøms skredområdet kan ledes i terrenget ut i sjø.

6.4.2 Vurderinger

Vurderinger knyttet til dreneringshull fra overflaten i nedre del er oppsummert i Tabell 6-4. Tiltaket har de samme usikkerhetene som dreneringshull inne i skredområdet når det gjelder effekt (se Tabell 6-3), men anleggsgjennomføringen antas mindre krevende, det vurderes å være mindre fare for boreproblemer og lettere å lede bort vannet som dreneres ut. Det vurderes å være mindre fare i forbindelse med vann på avveie i umettet sone (se grunnforholdsrisiko i Tabell 6-3).

Tabell 6-4: Tabellen oppsummerer vurderinger knyttet til dreneringshull fra overflaten i nedre del av skredområdet.

Alternativ	Fordeler (tekniske forhold)	Ulemper (tekniske forhold)	Fordeler (miljø og samfunn)	Ulemper (miljø og samfunn)
Dreneringshull fra overflaten i nedre del	<ul style="list-style-type: none"> • Alternativet kan kombineres med tunnel i øvre del og gi potensielt redusert tunnallengde • Billigere enn tunnel • Sparer massehåndtering (sammenliknet med tunnel) • Et begrenset tiltak i et mindre område • Mulighet for båttransport av personell • Mulighet for rask oppstart 	<ul style="list-style-type: none"> • Borehull er et nålestikk i bergmassen. Det er risiko for at vannførende sprekker ikke påtreffes ved boringen, og det må påregnes «prøving og feiling». • Relativt lange borehull med potensielle utfordringer knyttet til berg- og vannforhold (men antatt bedre bergforhold i nedre del). • Risiko for boreavvik; pga. liten vinkel mellom borehull og hovedsprekkeretning i bergmassen, kan huller «dra seg» oppover parallelt hovedsprekkeretningen i stedet for å krysse gjennom disse sprekke • Fare for at vann som dreneres fra dypere lag beveger seg ut i umettet oppsprukket sone og/eller i mettet oppsprukket sone med undertrykk hvor det kan medføre uønsket tilførsel av vann til grunnvannssystemet, men antatt liten risiko for at dette kan påvirke stabilitetsforholdene. • Risiko for at hullene går tett over tid og/eller deformeres; krever ny tilkomst og boring 	<ul style="list-style-type: none"> • Synligheten fra fjorden er begrenset pga. mye vegetasjon i det aktuelle området, samt generelt skalaen i landskapet. 	<ul style="list-style-type: none"> • Inngrep i område med uregistrerte kulturminner. Det ligger rester etter gårdsdrift i form av kulturlandskapselementer fra Meåkneset og vestover mot Flosteinsfonna. Foreslåtte tiltak kan endre opplevelsesverdien og forståelsen av kulturmiljøet. • Inngrep i område med naturverdier knyttet til edelløvsskog og gammel kulturmark.

Alternativ	Fordeler (tekniske forhold)	Ulemper (tekniske forhold)	Fordeler (miljø og samfunn)	Ulemper (miljø og samfunn)
		<ul style="list-style-type: none"> • Kort sesong for anleggsarbeider (antatt juni – oktober) • Helikoptertransport av både utstyr og personell • Steinsprangfare under utførelse. Bratt overliggende terreng, men også mye vegetasjon. Muligens behov for sikringstiltak i form av fangnettgjerd. • Vanntilgang. Ved tidligere boreoperasjoner (kjerneboringer) ble det benyttet vann fra Instevatnet på kote 1090 moh. Det ble erfart utfordringer med vanntrykk og brudd i vannledningen. 		

6.5 Dreneringstunnel – alternativer i skredområdet

6.5.1 Beskrivelse

Per oktober 2024 foreligger det tre traséalternativer for dreneringstunnel. Felles for alle tre alternativene er at de omfatter tunneltraseer som går i hårnålsvinger for å dekke skredområdet og oppnå formålet med best mulig dreneringseffekt. Forskjellen mellom alternativene er adkomsttunnelen sin trasé inn mot skredområdet. Skisserte traseer for adkomsttunnel tar utgangspunkt i påhugg Nakken, men vurderingen av hvert alternativ vil være tilsvarende for påhugg ved Høghaugen. Påhuggsplasseringen vil ha størst innvirkning på tunnallengder, med kortere tunnallengder fra Høghaugen sammenlignet med Nakken (se Tabell 6-5). Påhuggsplasseringer i Strandadalen beskrives i kapittel 6.6.

Tabell 6-5: Tabell som viser omtrentlige tunnallengder fra Strandadalen til skredområdet og omtrentlige kotehøyder ved påhugg og påkobling hårnålsvinger.

Påhuggssted	Lengde tunnel under skredområdet (hårnålsvinger)	Lengde atkomsttunnel til skredområdet			Kotehøyder (moh.)			
		Til øvre del	Til midtre del	Til nedre del	Påhugg	Påkobling topp	Påkobling midt	Påkobling bunn
Nakken	5,5 km	3,5 km	4,1 km	4,6 km	405	588	333	37
Høghaugen sør	5,5 km	2,9 km	3,1 km	3,4 km	430	588	307	58
Høghaugen nord	5,5 km	Skisser ikke utarbeidet, lengder vil være omtrent som for Høghaugen sør			430	588	307	58

Tunnelalternativene er foreløpig tegnet opp slik at de dekker hele skredområdet. Som et alternativ til å drive tunnel i hårnålsvinger i nedre del av skredområdet er det skissert et alternativ med boring av dreneringshull

fra overflaten i nedre del (se kapittel 6.4). Det er skissert en tunnelarm ovenfor baksprekken for å legge til rette for borehull opp til grøfter for avskjæring av overflatevann (se kapittel 6.2).

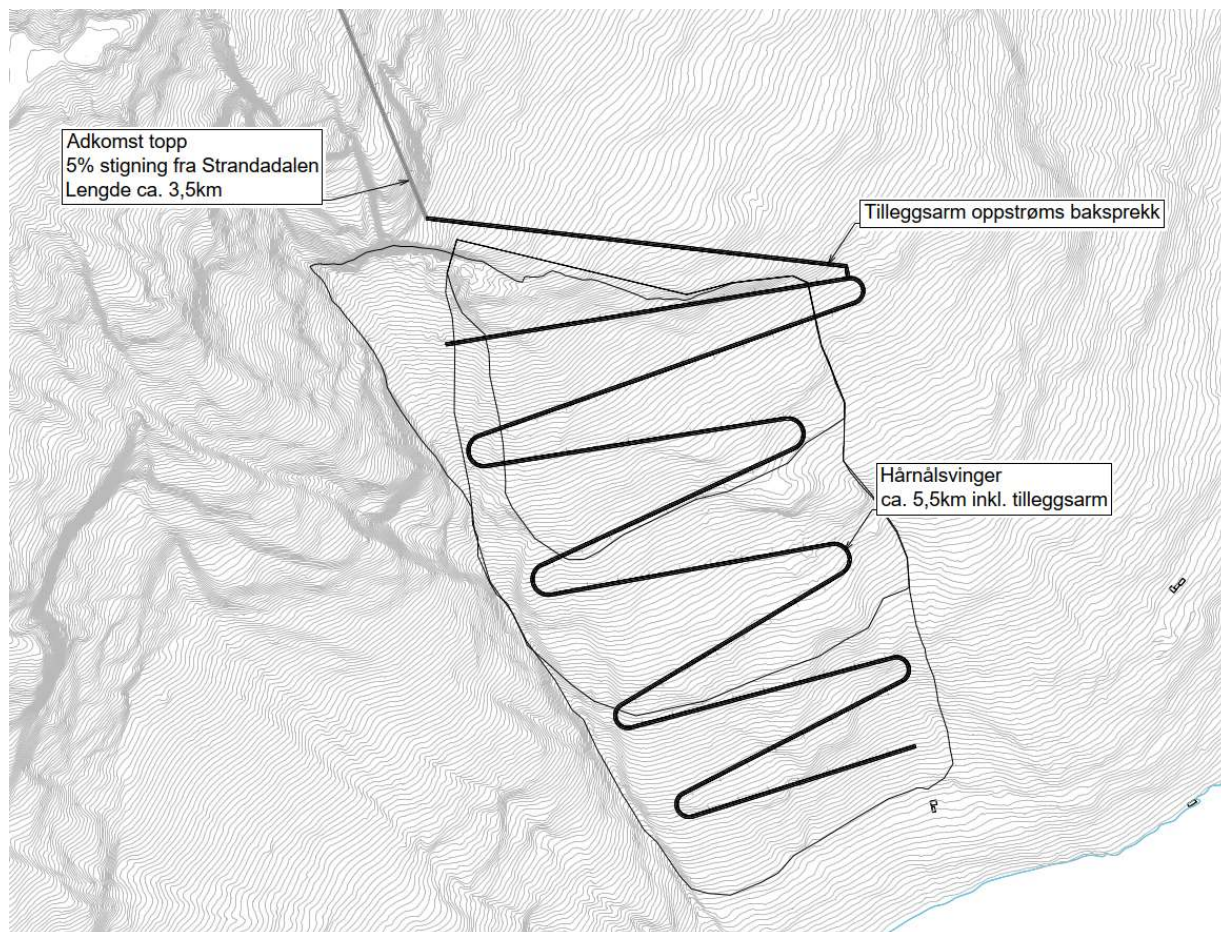
Gjennomgående tunnel med utgang mot fjorden er en mulighet som vurderes for alle alternativene dersom tunneltraseen strekker seg til nedre del av skredområdet. En slik løsning kan være fordelaktig med tanke på sikkerhet (rømningsmulighet) og muligheten for å lede vann ut av tunnelen.

Utslipp av vann fra tunnelen i driftsfasen skal i utgangspunktet skje mot fjorden (se kapittel 6.7).

Tunnelen i seg selv vil kunne drenerer vann fra skredområdet, men det er også aktuelt å bore dreneringshull fra tunnelen og inn til skredområdet for å øke dreneringseffekten. Dette er foreløpig ikke skissert opp, og omfang av dreneringshull fra tunnel anses å være svært usikkert. Boring av dreneringshull inn i skredområdet vil ha flere av de samme utfordringene som boring av dreneringshull fra overflaten med tanke på oppsprukket berg og vekslende bergforhold og vannforhold, og deformasjon over tid.

6.5.1.1 Tunnel - hårnålsvinger fra øvre del

Adkomsttunnelen inn til skredområdet vil gå på stigning til øvre del av skredområdet, før tunnelene går på synk (1:7) i hårnålsvinger langs skredområdet (Figur 6-7).



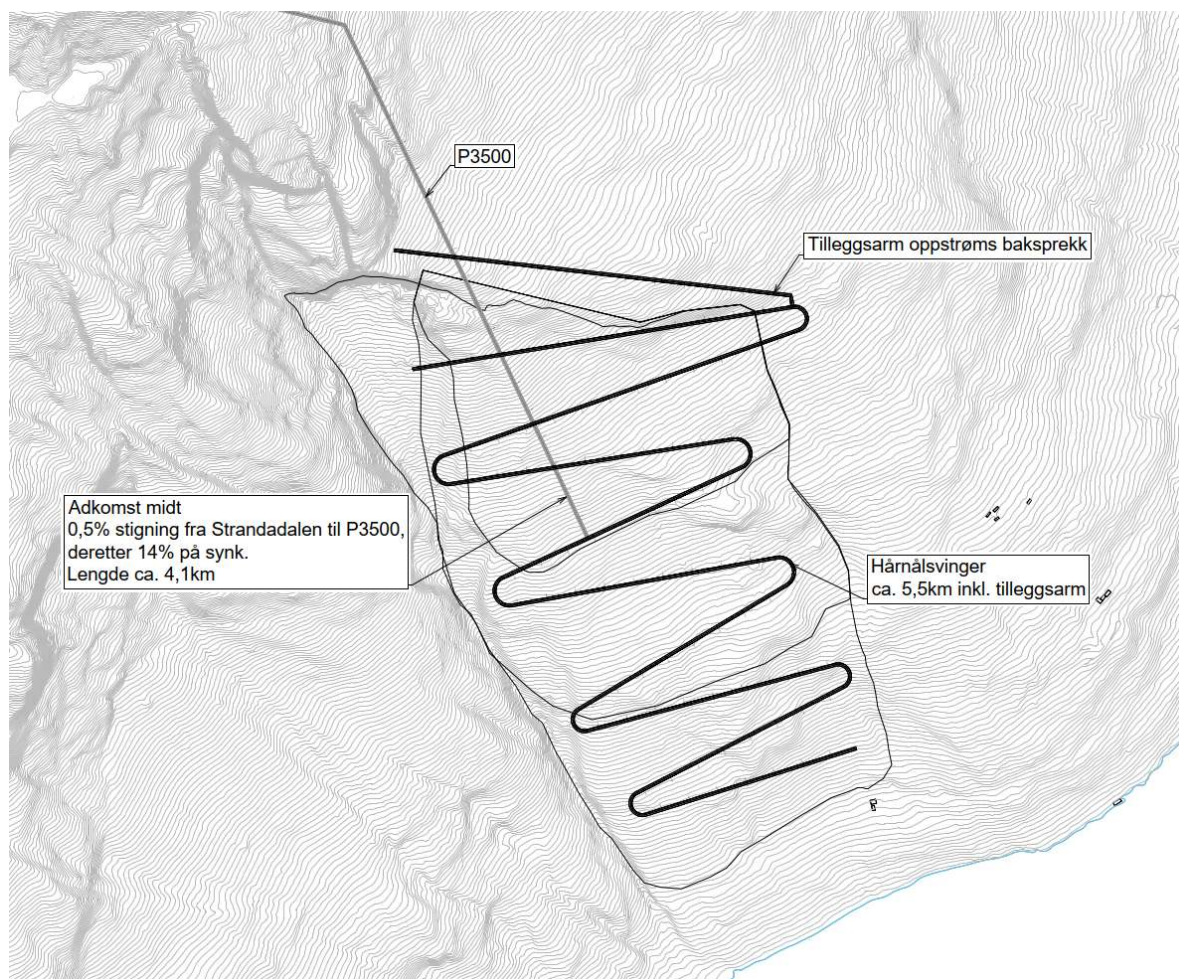
Figur 6-7: Skissert tunnelloøsning med adkomsttunnel til øvre del av området (med utgangspunkt i påhugg Nakken). De tynne svarte linjene bak tunneltraseen viser prioriteringsområdene for drenering. Tilleggsarm oppstrøms baksprekk er aktuelt dersom det skal etableres en kobling til avskjæringsgrøfter/bekkeinntak.

Alternativet er det korteste av de foreliggende tre alternativene og har fordelen med at det starter i øvre del av skredområdet som er området med størst bevegelse og ønskelig å drenere først. Strekningene med hårnålsvinger vil bli drevet på synk i sin helhet. Det må forventes innlekkasje av vann i tunnelene under driving, også før dreneringshull er boret. Vann ved stuff må håndteres og over lengre strekninger må dette pumpes opp og ut mot Strandadalen.

6.5.1.2 Tunnel - hårnålsvinger fra midtre del

Adkomsttunnelen inn til skredområdet vil gå på svak stigning ca. 3 - 3,5 km fra Strandadalen (fra Nakken) før den går på synk ned mot midtre del av skredområdet. Videre vil tunnel-hårnålsvinger drives på stigning (1:7) mot øvre del av skredområdet, og tunnel-hårnålsvinger på synk (1:7) mot nedre del av skredområdet, se Figur 6-8).

Alternativet er det mellomste av de tre alternativene med hensyn til tunnellengde. Driving av hårnålsvingene mot øvre del av skredområdet vil drives på stigning, og vil være prioriteringsområdet for etappevis utbygging. Nedre del av hårnålsvingene drives på synk. Vann ved stuff fra delene av tunnelen som drives på synk må forventes pumpet ut til Strandadalen under driving, før dreneringsløsning for driftsfasen er etablert.

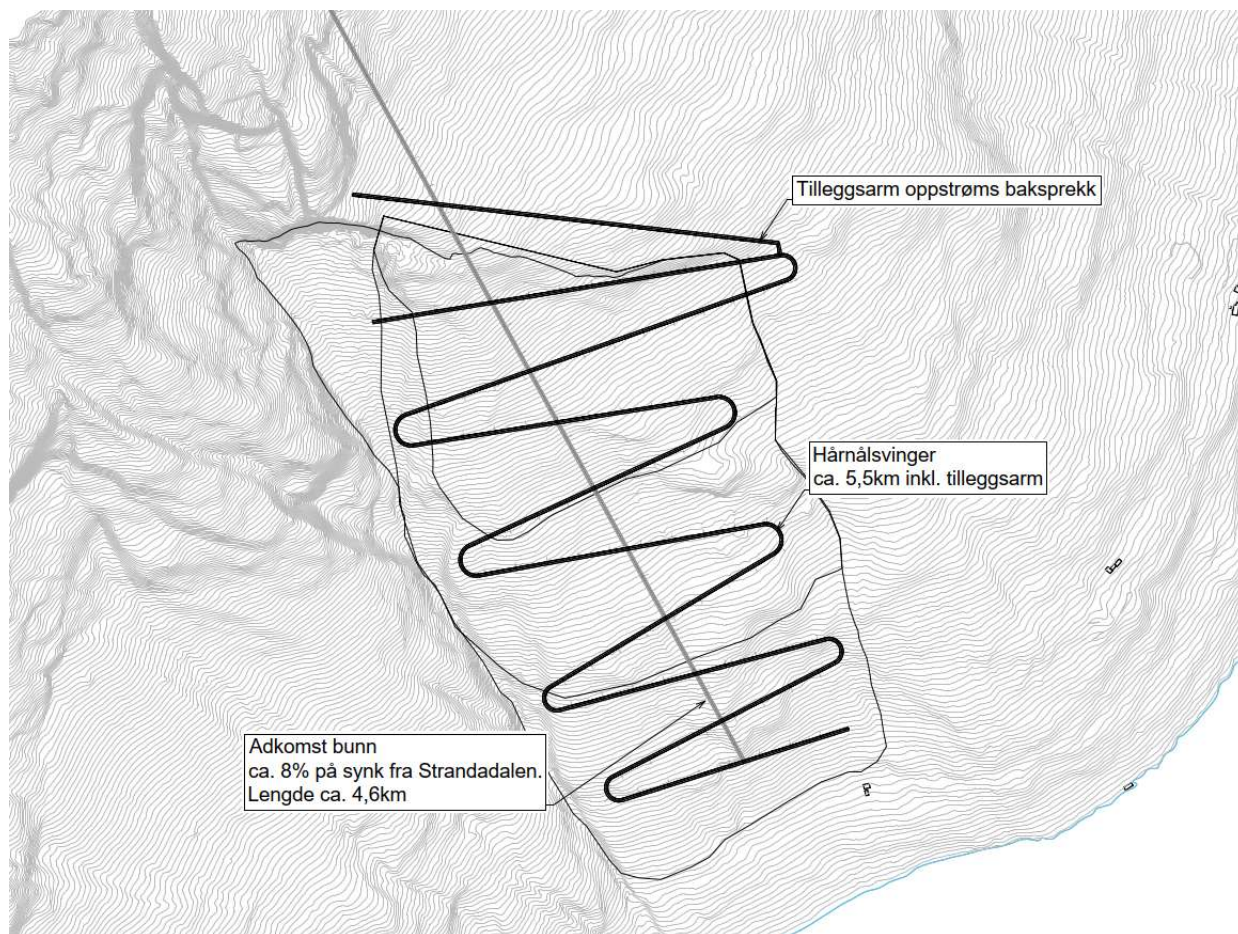


Figur 6-8: Skissert tunnelløsning med adkomsttunnel til midtre del av området (med utgangspunkt i påhugg Nakken). De tynne svarte linjene bak tunneltraseen viser prioriteringsområdene for drenering. Tilleggsarm oppstrøms baksprekk er aktuelt dersom det skal etableres en kobling til avskjæringsgrøfter/bekkeinntak.

6.5.1.3 Tunnel - hårnålsvinger fra nedre del

Adkomsttunnelen inn til skredområdet vil gå på synk inn til nedre del av skredområdet. Hårnålsvingene vil drives på stigning (1:7) fra bunn til øvre del av skredområdet (Figur 6-9).

Det vil bli nødvendig med pumping av vann ut til Strandadalen under driving. Alternative løsninger til pumping kan vurderes; man kan tenke seg at tunnelen etableres med utgang mot fjorden og at renseanlegg etableres i en berghall nær utgangen før utslipp av vann, eller at renseanlegg kan etableres i en berghall før utslipp av vann gjennom borehull til vestre kløft eller til sjø. Det kan imidlertid være ulike krav til utslipp i fjorden sammenliknet med Strandadalen.



Figur 6-9: Skissert tunneløsning med adkomsttunnel til nedre del av området (med utgangspunkt i påhugg Nakken). De tynne svarte linjene bak tunneltraseen viser prioriteringsområdene for drenering. Tilleggsarm oppstrøms baksprekk er aktuelt dersom det skal etableres en kobling til avskjæringsgrøfter/bekkeinntak.

6.5.2 Vurderinger

Vurderinger knyttet til dreneringstunnel er oppsummert i Tabell 6-6.

Tabell 6-6: Tabellen oppsummerer vurderinger knyttet til dreneringstunnel.

Alternativ	Fordeler (tekniske forhold)	Ulemper (tekniske forhold)	Fordeler (miljø og samfunn)	Ulemper (miljø og samfunn)
Felles for alle tunnel-alternativ	<ul style="list-style-type: none"> • Antas å bidra til drenering av området (basert på foreløpig utført modellering og erfaringer fra dreneringsprosjekter andre steder. • Mulighet for å lede vann fra avskjæringsgrøfter ned til tunnel 	<ul style="list-style-type: none"> • Krever planleggingstid og flere års byggetid. • Vedlikeholdskrevende (installasjoner i tunnelen og bergsikring) • Høy byggekostnad • Stort masse-overskudd 	<ul style="list-style-type: none"> • De synlige delene av er svært begrenset (portal i Strandadalen og ev. utgang mot fjorden). 	<ul style="list-style-type: none"> • Inngrep i berggrunnen berører grunnlaget for verdensarvsta tusen. • Tunnelutgang mot fjorden kan påvirke kulturlandskap et rundt de tidligere brukene i nedre del av Åkerneset.
Tunnel – hårnålsvinger fra øvre del	<ul style="list-style-type: none"> • Adkomsttunnel på stigning • Starter i øvre del av skredområdet som er ønskelig å drenere først. • Korteste tunnel 	<ul style="list-style-type: none"> • Lang stuff på synk krevende driveteknisk • Lengre drivetid pga. lang stufflengde 		
Tunnel – hårnålsvinger fra midtre del	<ul style="list-style-type: none"> • Adkomsttunnel delvis på stigning • Øvre del av hårnålsvinger drives på stigning • Mulighet for kortere byggetid på grunn av kortere stufflengder og driving i to retninger fra midtre del • Bedre tilrettelagt for etappevis utbygging 	<ul style="list-style-type: none"> • Tunnelalternativ lengre enn alternativet fra topp 		
Tunnel – hårnålsvinger fra nedre del	<ul style="list-style-type: none"> • Hårnålsvinger drives på stigning i hele lengden. • Enklere driftsadkomst fra Strandadalen til bunn av hårnålstunnel (uten å måtte kjøre ned hårnålsvingene). • Muliggjør etablering av utgang mot fjord for utslipp av vann før driving av hårnålsvinger. 	<ul style="list-style-type: none"> • Legger ikke til rette for etappevis utbygging, da drenering av øvre del nås sist. • Det er ikke prioritert å starte dreneringstiltak i nedre del av skredområdet (se kapittel 5.2). • Adkomsttunnel på synk • Lengst tunnel og dermed antatt lengst byggetid 		
Dreneringshull fra tunnel	<ul style="list-style-type: none"> • Tunnelen i seg selv drenerer grunnvann, usikkerhet i behov og omfang av dreneringshull i tillegg. 	<ul style="list-style-type: none"> • Borehull er et nålestikk i bergmassen. Det er risiko for at vannførende sprekker ikke påtreffes ved boringen, og det 		

Alternativ	Fordeler (tekniske forhold)	Ulemper (tekniske forhold)	Fordeler (miljø og samfunn)	Ulemper (miljø og samfunn)
	<ul style="list-style-type: none"> • Kan utføres etter at effekt av drenering av selve tunnelen er kjent. 	<p>må påregnes «prøving og feiling».</p> <ul style="list-style-type: none"> • Berg- og vannforhold: Sannsynlig med oppsprukket berg og vekslende bergforhold, målet er å treffe vannførende sprekker. Dette gir potensielt boretekniske utfordringer, men antas gjennomførbart. • Risiko for at hullene går tett over tid og/eller deformeres; krever ny boring. 		

6.5.3 Alternativer vurdert og forkastet

I starten av forprosjektet ble det lagt fram 7 mulige tunnelalternativer basert på idémøtet og diskusjoner, samt alternativer som tidligere er foreslått. Disse er følgende:

- Tunnel-øvre vestre del på stigning: Tunnel til øvre vestre del, tidligere utredet av NGI [16]. Tunneltrasé på stigning. Alternativet er ikke tatt med videre da tunnelen vil dekke en begrenset del av skredområdet i øvre del og dermed ikke vil dekke formålet med best mulig dreneringseffekt, og mulighet for etappevis utbygging.
- Tunnel-baksprekke fra vest: Tunnel som går på stigning frem til baksprekkeområdet, og deretter på bratt synk langs baksprekken. Traseen legger ikke til rette for å dekke hele skredområdet eller etappevis utbygging for de nedre områdene.
- Tunnel-baksprekke fra øst: Tunnel som kun følger baksprekkeområdet fra øst. Tunneltraseen vil gå på stigning i hele lengden. Alternativet vil kunne bidra til drenering av øvre del av skredområdet og muliggjør også borehull opp til dreneringsgrøfter. Alternativet er en variant av tunnel-hårnålsving fra topp, men legger ikke til rette for å dekke hele skredområdet eller etappevis utbygging for de nedre områdene.
- Tunnel-vestre og baksprekke: Tunnel som går til vestre øvre del, med arm til baksprekkeområdet. Tunneltraseer vil gå på stigning i hele lengden. Potensiale for å dekke både drenering av øvre del av skredområdet og grøfter. Traseen vil ligge langt under skredområdet (400-500 meter under overflaten) som medfører lange borehull. Alternativet legger ikke til rette for å dekke hele skredområdet eller etappevis utbygging for de nedre områdene.

Alle disse alternativene ble forkastet i idémøtet 14. mars 2024 (se Vedlegg 1: Rapport fra idémøte 14. mars 2024).

6.6 Påhuggsplasseringer i Strandadalen

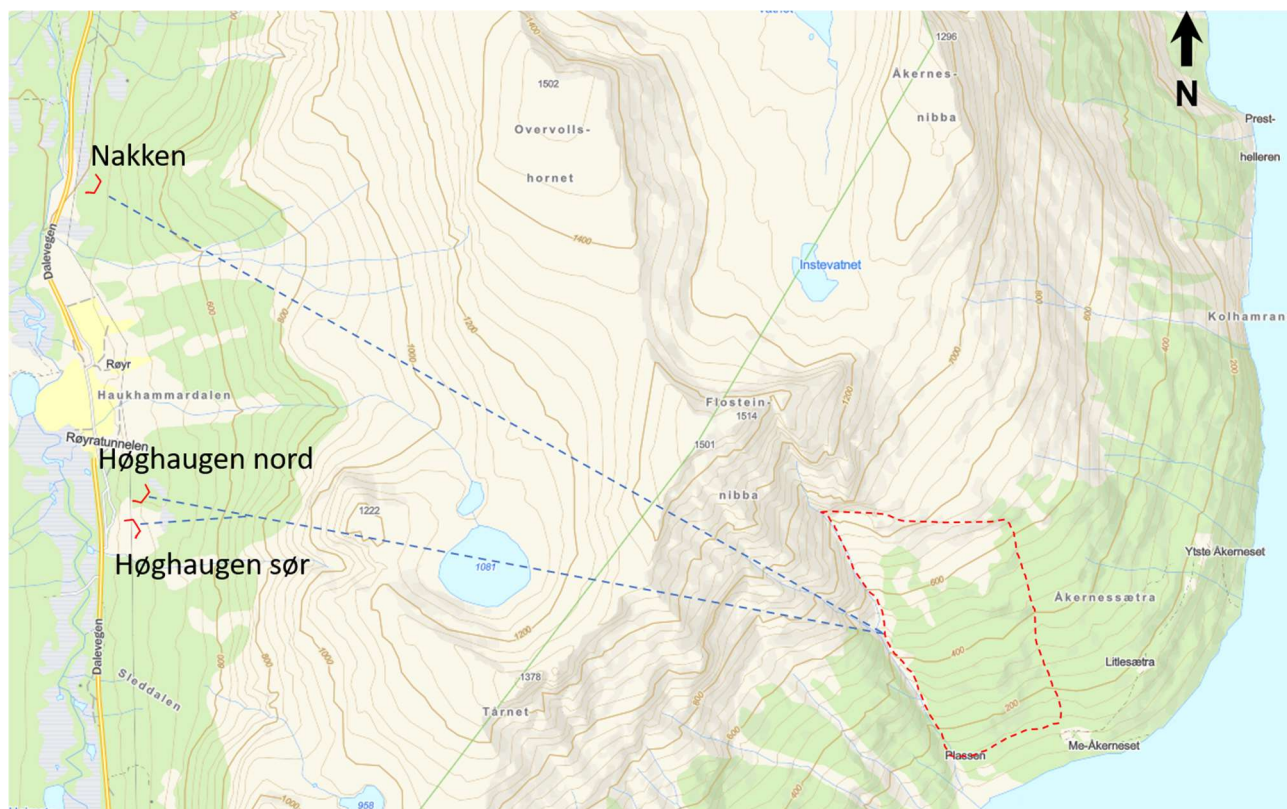
Det ble utført befaring til påhuggsområdene 29. og 30. april 2024. Hensikten med befaringen var å vurdere skredfare og ingeniørgeologiske forhold ved påhuggsområdene Nakken, Høghaugen og Sledalshaugen. Observasjoner og vurderinger under og i etterkant av befaringen er oppsummert i en befarringsrapport [17] og hovedpunkter gjengis her. Øvrige fagområder (hydrologi, anleggsteknikk, landskap, naturmiljø og kulturmiljø) utførte befaring til påhuggsområdene Nakken og Høghaugen i juni og august 2024.

6.6.1 Beskrivelse

6.6.1.1 Oversikt

Per oktober 2024 er det arbeidet fram to aktuelle påhuggsområder i Strandadalen; ved Nakken og ved Høghaugen, se Figur 6-10. Ved Høghaugen vurderes to ulike tilkomster; enten sør eller nord for gården.

Ved påhuggsområdene vil det være nødvendig med arealer for riggområde og anleggsarbeid. Det kan også bli nødvendig med midlertidig mellomlagring av masser.



Figur 6-10: Skisse av påhuggsalternativer i Strandadalen. Skisserte påhuggsplasseringer er omtrentlige og vil måtte optimaliseres i forbindelse med videre prosjektering. Tunneltrasé for atkomsttunnel er skissert til midtre del av skredområdet (rødstiplet omriss).

6.6.1.2 Påhuggsområde Nakken

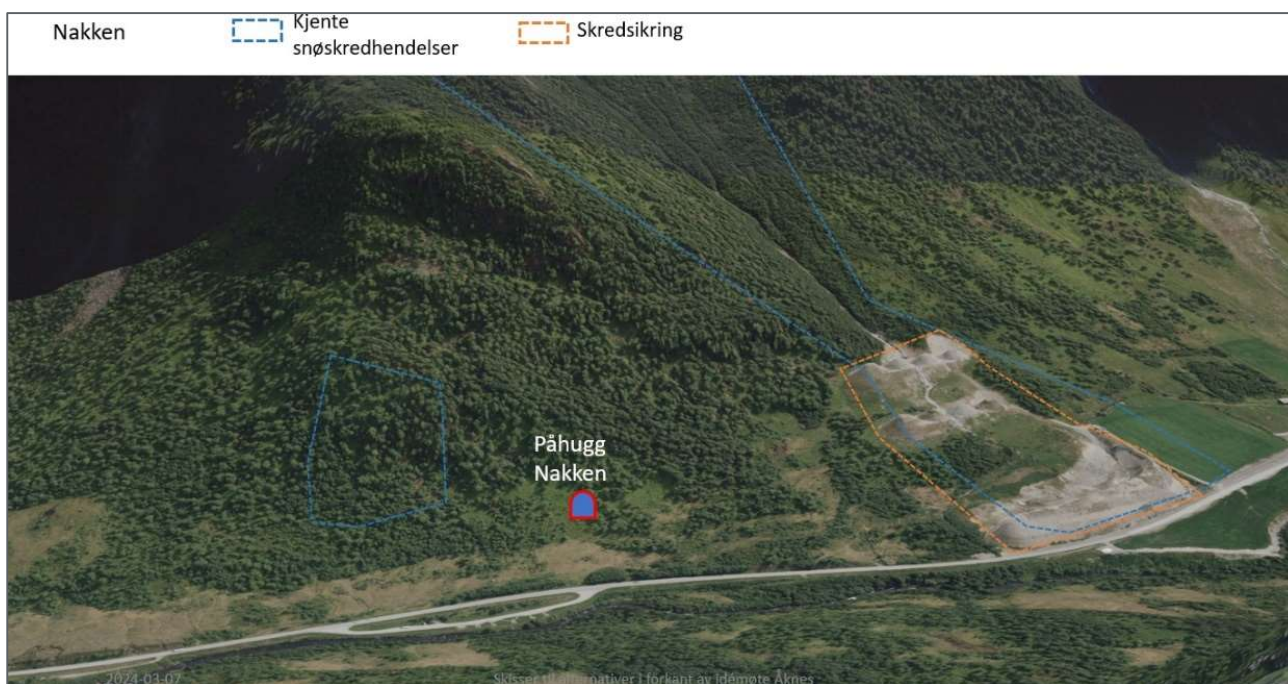
Figur 6-11 og Figur 6-12 viser hhv. ortofoto drapert på terrenget og oversiktskart over påhuggsområdet. Inntegnet påhuggsplassering er omtrentlig og vil måtte optimaliseres i forbindelse med videre prosjektering.

Fra fylkesveg 60 skrår terrenget slakt oppover i ca. 100 m før det stiger brattere fra omtrent der påhugget er skissert på Figur 6-12. Løsmassene i nedre deler består av morenemateriale av ukjent mektighet. Det er sparsomt med bergblotninger, og første sikre bergblotning ble observert i et utspring ca. 450 moh. Det anbefales geotekniske boringer (totalsonderinger) for å undersøke dybder til berg. Høyere opp i skråningen ligger urmateriale fra steinsprang i overliggende skrenter og stup.

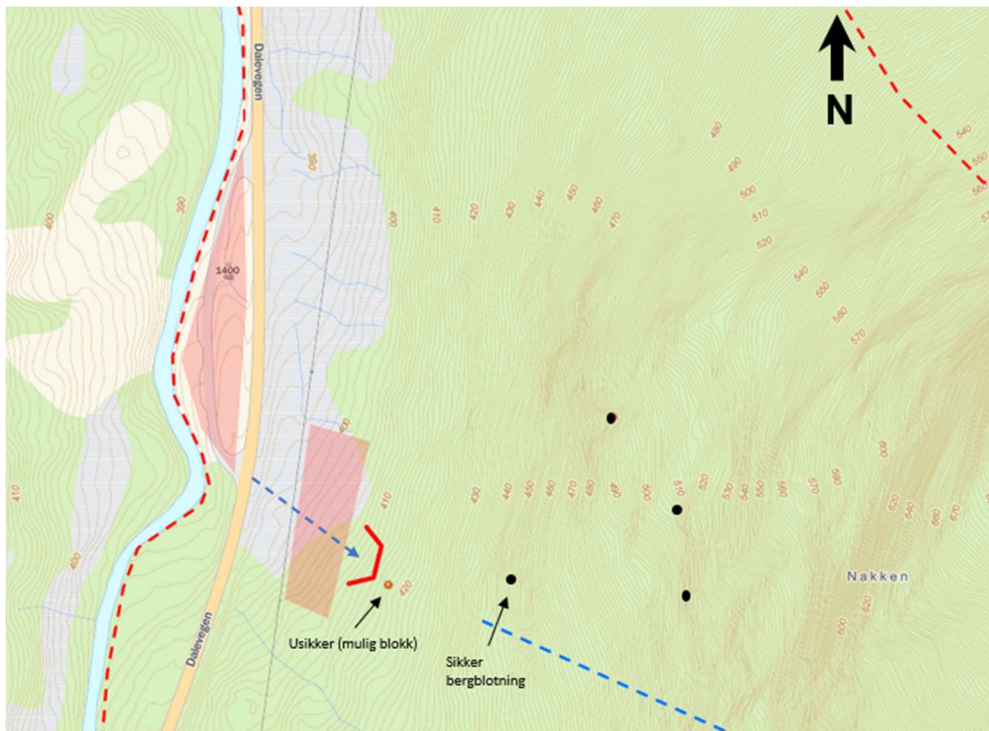
Påhuggsplassering avhenger av bergoverflatens beliggenhet og hvor langt ned i dalsiden man starter å gå inn i terrenget med forskjæring. Det vurderes som enklest å gå inn i forskjæring noen meter i overkant av myra framfor å bygge anleggsveg lenger opp i skråningen. Bilde i Figur 6-13 er tatt over myra langs foreslått trasé.

Området ligger i sikkerhet for store snøskred. Det vil trolig være behov for lokal steinsprangsikring i form av fangnettjerde ved påhugget, og det kan være aktuelt med en kombinasjonsløsning som samtidig sikrer mot lokale, våte snøskred.

Mulig areal for riggområde på østsiden av fylkesvegen er relativt trangt pga. kraftledningen som strekker seg parallelt med fylkesvegen. I tillegg er de flate partiene på østsiden myr som kan bli påvirket ved opparbeidelse av riggområde og adkomstveier. Ved et eventuelt riggområde på østsiden av fylkesvegen er sikringstiltak mot steinsprang aktuelt. Området på østsiden av veien er ikke egnet for boligbygg. Det kan vurderes om rasteplassen på vestsiden av veien kan være aktuelt å benytte som riggområde; her er det bedre plassforhold og bedre sikkerhet mot steinsprang (Figur 6-14). Bruk av rasteplass på vestsiden av fylkesveien som riggområde vil medføre kryssende anleggstrafikk over fylkesveien.



Figur 6-11: Ortofoto drapert på terrenget som viser påhuggsområdet og kjente snøskredhendelser.



Figur 6-12: Kart som viser omtrentlig påhuggsområde (tykk rød strek). Observerte bergblotninger er vist med svart prikk, foreslåtte riggområder er markert med rødt areal og blåstiplet pil markerer foreslått anleggsveg og retning på forskjæring.



Figur 6-13: Foto tatt i retning av foreslått trasé for anleggsveg. Det antas mulig å gå inn i forskjæring i overkant av myra.



Figur 6-14: Bilde viser deler av rasteplass på vestsiden av fylkesvegen.

6.6.1.3 Påhuggsområde Høghaugen

Figur 6-15 og Figur 6-16 viser hhv. ortofoto drapert på terreng og oversiktskart over området. Det er flere mulige påhuggsområder der endelig plassering avhenger av skjæring og vegtrasé inn mot påhugget, i tillegg til bergoverflatens beliggenhet. Av hensyn til bebyggelsen, vurderes det hensiktsmessig å gå skrått inn fra nord eller fra sør som skissert på Figur 6-16.

Terrenget mellom Dalevegen og foreslått påhugg på nordsiden av Høghaugen er dekket med morenemateriale, og mengde graving i forskjæringsområdet er ukjent (se oversiktsbilde i Figur 6-17). Det anbefales her refraksjonsseismiske undersøkelser for å undersøke dybder til berg i forskjæringsområder og som grunnlag for å vurdere påhuggsplassering mer detaljert.

Ved sørsiden av gården forslås forskjæring og påhugg med angrepspunkt fra opparbeidet lagringsareal. Figur 6-18 viser et oversiktsbilde over eksisterende skjæring her. Bergmassen framstår oppsprukket og dårlig i skjæringene, påvirket av sprengning og manglende rensk, men berget kan også være påvirket av en mulig mindre svakhetsone som følger søkket sør for Høghaugen. Det anbefales her refraksjonsseismiske undersøkelser for å undersøke dybder til berg og bergmassekvalitet i påhuggsområdet/første del av tunnelen, ev. i kombinasjon med totalsonderinger for verifisering av dybder til berg.

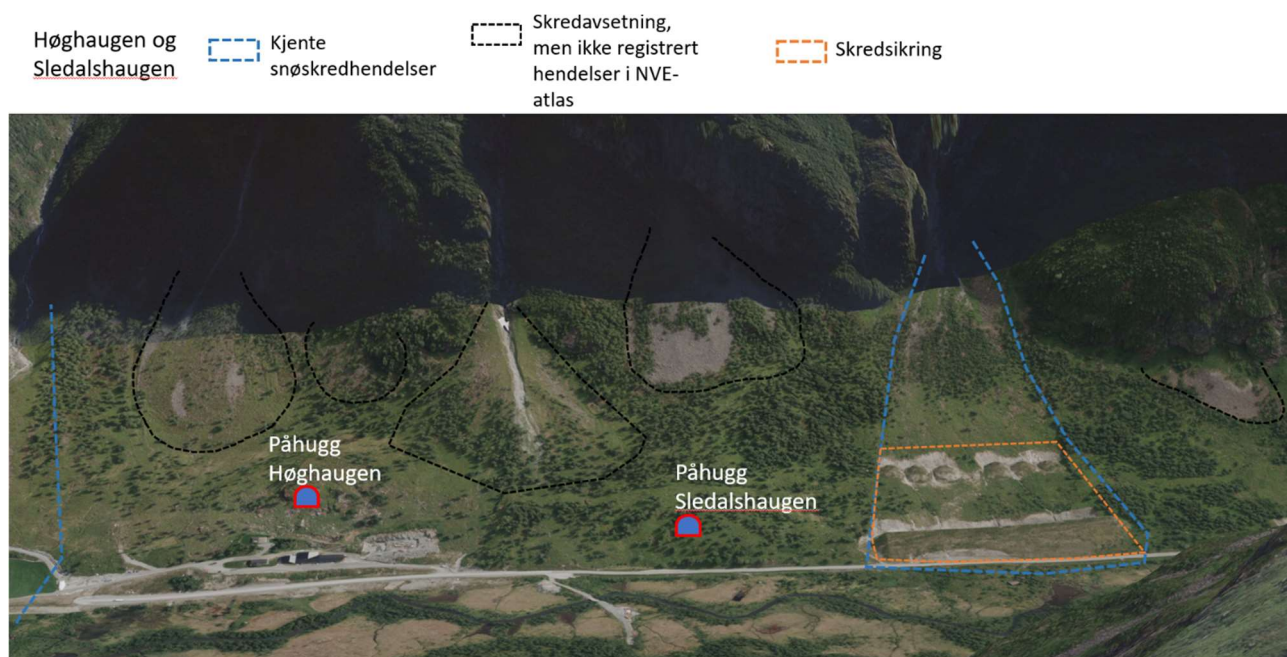
Påhuggsområdene ved Høghaugen ligger nedenfor en rekke skrenter som har avsatt stein som lokale urer under skrenter og endel stein ned mot dalbunnen. Ved befarig ble det nedenfor de aktuelle påhuggsområdene ikke påvist større stein som kan hevdes å være "fersk". Oppunder noen mindre skrenter sees likevel ferske eller nytøste mindre blokker. Eventuelt lokale skrenter kan sikres med rensk og/eller kombinasjon av bolting og nett.

Forprosjekt Åknes drenering

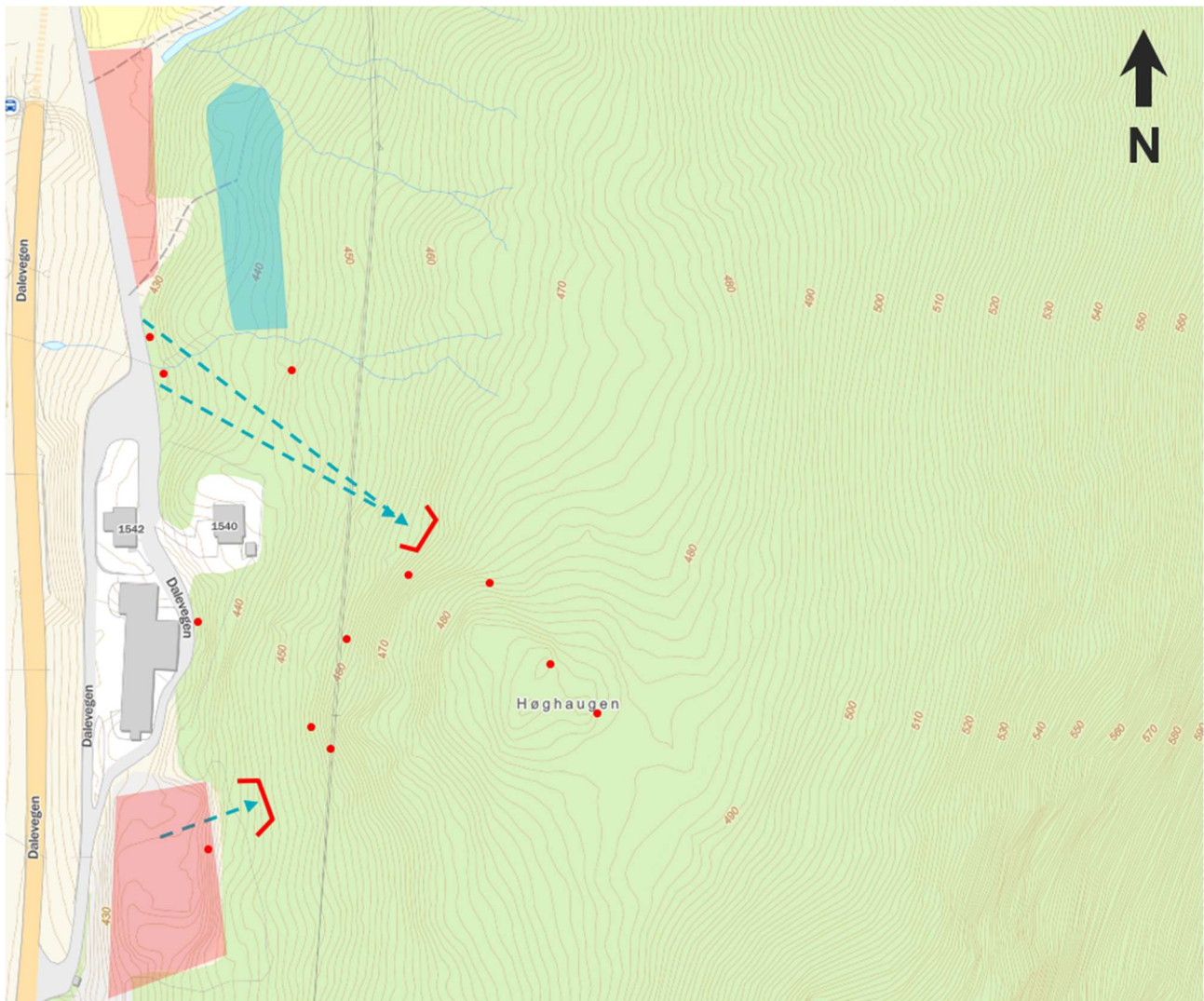
Alternativvurdering av dreneringsløsninger

Oppdragsnr.: 52309571 Dokumentnr.: FELLES-RAP-01 Revisjon: J01

Mulig areal for riggområde kan være nord og/eller sør for gården på allerede opparbeidet areal, se Figur 6-16, Figur 6-18, Figur 6-19 og Figur 6-20. Nord for gården kan det være aktuelt å opparbeide et større riggområde i terrenget på oppsiden av Dalevegen, dette ble drøftet med grunneier under befarings i juni 2024, se Figur 6-16. Sør for gården er det aktuelt å etablere en ledevoll for å sikre påhugg- og riggområde for snøskred. Nord for gården vurderes å være tryggere for snøskred fram til portalen for Røyr tunnelen.



Figur 6-15: Ortofoto drapert på terreng som viser alternative påhuggsområdene Høgshaugen og Sledalshaugen på tidlig stadie og kjente/observerte skredavsetninger. Alternativet ved Sledalshaugen er forkastet, se delkapittel 6.6.3.



Figur 6-16: Kart som viser omtrentlige påhuggsplasseringer ved Høghaugen. Endelig plassering avhenger av vegtrasé inn mot påhugget og bergoverflatens beliggenhet, og må detaljeres i forbindelse med videre arbeider. Blåstiplede linjer markerer anleggsveg/forskjæring. Observerte bergblotninger er vist med rød prikk. Foreslåtte riggområder på allerede opparbeidede arealer er markert med rødt areal, foreslått område for mulig opparbeiding av riggområde som ble drøftet med grunneier under befaring i juni 2024 er markert med blått areal.



Figur 6-17: Foto tatt mot sørøst, omtrent i retning av foreslått trasé for anleggsveg og forskjæring (se også Figur 6-12). Forskjæringsarbeider og påhuggsplassering avhenger av løsmassetykkelsen.



Figur 6-18: Bilde viser bergskjæring ved lagringsarealet sør for gården og mulig angrepspunkt for forskjæring. Fotoretning mot øst.



Figur 6-19: Opparbeidet areal nord for gården, fotoretning mot sør.



Figur 6-20: Opparbeidet areal sør for gården, fotoretning mot nord.

6.6.2 Vurderinger

Vurderinger knyttet til påhuggsplasseringer i Strandadalen er oppsummert i Tabell 6-7. Eventuelle skredvoller/ledevoller ved Høgshaugen er ikke vurdert i forhold til landskap/synlighet.

Tabell 6-7: Tabellen oppsummerer vurderinger knyttet til påhuggsområder i Strandadalen.

Alternativ	Fordeler (tekniske forhold)	Ulemper (tekniske forhold)	Fordeler (miljø og samfunn)	Ulemper (miljø og samfunn)
Påhugg-Nakken	<ul style="list-style-type: none"> Området ligger i sikkerhet med tanke på store snøskred. Steinsprangfare ved påhugg, riggområde og anleggsveg håndterbar med sikringstiltak. Grei tilkomst fra eksisterende fylkesveg 	<ul style="list-style-type: none"> Gir lengre tunnel (ca. 0,6-1,2 m) Behov for sikringstiltak (steinsprang) ved påhugg. Antatt behov for noe mer tiltak i forbindelse med utslipp av vann til Storelva i dette området sammenlignet med alternativene ved Høgshaugen. 	<ul style="list-style-type: none"> For å redusere samlet arealbeslag av natur er det positivt hvis rasteplass kan benyttes 	<ul style="list-style-type: none"> Inngrep i et nytt, uberørt område Negativ påvirkning på myr som har større utstrekning enn vist på kartdata. Myrområdet er vurdert som en mindre viktig myr for naturmangfold. Foreslått riggområde på vestsiden av Dalevegen er i konflikt med «Den Trondhjemske postvei» som er et statlig listeført kulturminne. Det er lite spor etter veien i terrenget, men den er synlig på LIDAR (flylaser). Deler av trasé er derfor bevart mellom rasteplass og vegareal hvor det er et grøntområde. Rasteplassen som foreslås som riggområde, er mye i bruk.
Påhugg-Høgshaugen nord	<ul style="list-style-type: none"> Mulig riggområde nord eller sør for gården på allerede bearbejdet areal Antatt bra fordrøyningspotensiale i Storelva ved utslipp av vann fra tunnel. Gir kortere adkomsttunnel enn påhugg Nakken. 	<ul style="list-style-type: none"> Begrensning ved portalen til Røyrtunnelen ved riggområde nord for gården pga. snøskredfare. Antatt lang forskjæring hvis man starter forskjæring ved gårdsvegen Dersom det er grunt til berg som gir kortere forskjæring; kan det være dårlige 	<ul style="list-style-type: none"> Vegarbeider i området har ført til påvirkning på «Den Trondhjemske postvei» i området. Foreslåtte riggarealer er ikke i konflikt med traseen da det trolig er lite igjen av strekningen i området. 	<ul style="list-style-type: none"> Nærhet til kartlagte naturtyper med stor verdi og myr med noe verdi. Berører kulturlandskap med forskjæring i beitemark I en langvarig anleggsfase vil etablering av påhugg og anleggsområde rett bak bolighusene vil være en betydelig ulempe for beboere

Alternativ	Fordeler (tekniske forhold)	Ulemper (tekniske forhold)	Fordeler (miljø og samfunn)	Ulemper (miljø og samfunn)
		bergforhold i forsenkning. <ul style="list-style-type: none"> Eksisterende arealer for riggområdet i nord er for lite; behov for utvidelse av dette området eller bruk av riggområdet i sør. 		<ul style="list-style-type: none"> Planering og forskjæring er et fremmedelement i nærmiljøet til våningshusene. Våtmarksområder med fugleliv langs elva vest for fylkesvegen.
Påhugg-Høgghaugen sør	<ul style="list-style-type: none"> Mulig riggområde sør for gården på allerede bearbejdet areal Antatt relativt kort forskjæring Antatt bra fordrøyningspotensiale i Storelva ved utslipp av vann fra tunnel. Gir kortere adkomsttunnel enn påhugg Nakken. 	<ul style="list-style-type: none"> Behov for å etablere en ledevoll for å sikre påhugg- og riggområde mot snøskred. 	<ul style="list-style-type: none"> Lite synlig og vil med god utforming og terrengtilpasning kunne bli oppfattet som en del av gårdsmiljøet. Ligger på baksiden av driftsbygningen slik at det blir redusert konflikt med gårdstunet. En ledevoll (skredvoll) gir varig lagring av tunnelmasse og varig skredsikring for gården. Vegarbeider i området har ført til påvirkning på «Den Trondhjemske postvei» i området. Foreslåtte riggarealer er ikke i konflikt med traseen da det trolig er lite igjen av strekningen i området. 	<ul style="list-style-type: none"> Våtmarksområder langs elva vest for fylkesvegen.

6.6.3 Alternativer vurdert og forkastet

I starten av forprosjektet ble det lagt fram 4 mulige påhuggsområder basert på studier av kartgrunnlag og tilgjengelig bildemateriale; Nakken, Høgghaugen, Sledalshaugen og Herdalen. Alternativet ved Herdalen ble forkastet i idémøtet 14. mars 2024 (se Vedlegg 1: Rapport fra idémøte 14. mars 2024).

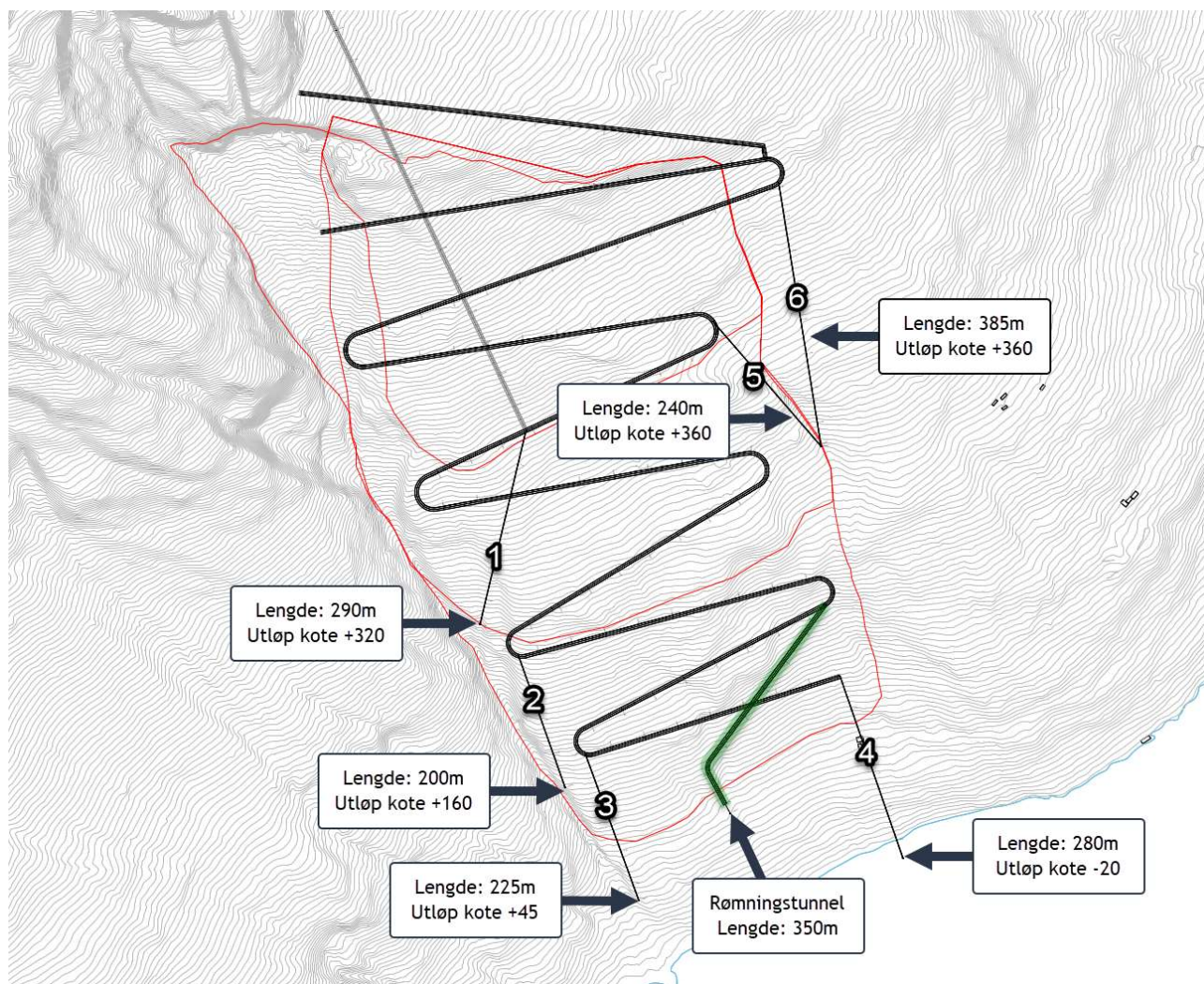
Ved befaring 29.-30. april ble ingeniørgeologiske forhold og skredfare vurdert ved påhuggsområdene Nakken, Høgghaugen og Sledalshaugen [17]. Etter befaringen ble påhugg ved Sledalshaugen forkastet med følgende begrunnelse:

- Påhugg i bergutspringet ved Sledalshaugen er utfordrende fordi snøskredfare både nord og sør for bergutspringet gir utfordringer med å plassere riggområder nær påhugget. På grunn av skredfare er det ikke mulig å plassere riggområdet skredsikkert og i tilknytning til påhugget.
- Med bakgrunn i trange plassforhold nær fylkesvegen med skredfarlig terreng på begge sider og manglende skredsikre arealer for riggområde tilknyttet påhugget, anbefales at dette påhuggsområdet forkastes.

6.7 Alternativer for å lede vann fra tunnelen

6.7.1 Beskrivelse

For å opprettholde tunnelens evne til å drenere de aktuelle områdene er det viktig med en robust metode for å lede vannet ut av tunnelen. Det er foreløpig sett på muligheten for å etablere borehull/rømningstunnel for å lede vannet ut i dagen og til fjorden. Dette anses som en mer robust løsning enn å lede vannet ut mot Strandadalen, da det vil kreve pumping for alle gjenstående tunnelalternativer.



Figur 6-21: Skisserte alternativer for borehull og rømningstunnel fra dreneringstunnel. De tynne røde linjene bak tunneltraseen viser prioriteringsområdene for drenering.

Det er foreløpig usikkert hvor store vannmengder som vil opptre i tunnelen og dermed hvor omfattende systemet for å lede vannet ut av tunnelen må være. Hvilke alternativ som blir mest aktuelle er også avhengig av hvor stor del av skissert dreneringstunnel som drives. Det er ikke usannsynlig at flere av alternativene som beskrives her vil måtte benyttes i kombinasjon.

6.7.1.1 Borehull mot vestre kløft

Borehull markert med 1, 2 og 3 i Figur 6-21 er mulige alternativ for å lede vannet ut av tunnelen til vestre kløft. Vestre kløft ansees som gunstig for utslippspunkt på grunn av stor kapasitet til å lede vannet trygt videre til fjorden. Borehullene tenkes etablert ved boring fra tunnel og ut mot dagen. Med hensyn til teknisk gjennomførbarhet må hullene bores med minimum 4% fall. Vannet vil da ledes ut til dagen på selvføll, uten behov for pumping. Med hensyn til utslagspunkt i dagen, vurderes det som mulig å finne flere egnede utslagspunkt med bart fjell langs nedre halvdel av kløften. Lenger opp mot baksprekken er det færre områder med bart fjell som ser egnede ut for utslag for borehull.

Det er noe usikkerhet knyttet til frostproblematikk og gjennomførbarhet dersom løsningen krever arbeider ved utslagspunktet i kløften. Arbeid i kløften vil kunne være utfordrende å gjennomføre med akseptabel risiko mht. sikkerhet. Ett alternativ er å komme ut med borehullet litt utenfor kløften, hvor terrenget skrår mot kløften og sikrer avrenning ned i kløften.

6.7.1.2 Borehull til fjorden

Borehull markert 4 i Figur 6-21 viser en mulighet for å drenere fra tunnelens laveste punkt og ut til fjorden. Løsningen vil ikke ha noen problematikk med frost og vil ikke føre til uheldige overvannssituasjoner nedstrøms utslippspunkt, som alternativer med borehull ut i dagen kan ha. Alternativet vil være mindre aktuelt dersom det besluttes å ikke drive tunnel til nedre del av skredområdet, pga. borehullets lengde. Plassering av utløpet må vurderes med hensyn på forholdene i fjorden.

6.7.1.3 Borehull mot østre bekk

Borehull markert med 5 og 6 i Figur 6-21 er mulige alternativer for å lede vannet fra dreneringstunnelen ut til bekken som renner øst i skredområdet. Vannet ledes da ikke helt ut av skredområdet, men til et område der det antas at vannet vil ha liten påvirkning på skredområdets grunnvannsforhold. Dette fordi grunnforholdene i denne delen av østre bekk, og nedstrøms foreslått utslippspunkt, medfører lav sannsynlighet for infiltrasjon av vann i grunnen. Dette er alternativer som kan være aktuelle ved behov for å lede bort vann fra øvre og østre del av dreneringstunnelen.

6.7.1.4 Tunnel ut i dagen

En tunnel ut i dagen i nedre del av fjellsiden, som vist i Figur 6-21, vil kunne fungere som både rømningsvei for driftspersonell og som føringsvei for innlekkasjevannet. Dette vil, i tillegg til å øke sikkerheten ved personopphold i tunnelen, kunne gi mulighet for å lede vann ut via grøft. Man er da avhengig av at rømningsstunnelen går på synk og at den kommer ut i et område der det er mulig å gjøre arbeider som er nødvendig for å legge til rette for forskjæring/gjennomslag, og en håndtering av dreneringsvann som ivaretar kulturminner og kulturmiljøer i det aktuelle området.

En mulig trasé for rømningsstunnel er markert grønt i Figur 6-21. Denne går på synk fra nest nederste hårnålsving og ut i dagen til et område med flere flate partier i samme høyde. Dersom rømningsstunnelen skal gå på synk fra et lavere punkt i dreneringstunnelen enn skissert alternativ, må det kunne lokaliseres egnede områder i dagen også nedenfor det nevnte beltet med flate partier.

6.7.2 Vurderinger

Vurderinger knyttet til alternativer for å lede vann ut fra dreneringstunnelen er oppsummert i Tabell 6-8.

Tabell 6-8: Tabellen oppsummerer vurderinger i forbindelse med alternativer for å lede vann ut fra dreneringstunnelen.

Alternativ	Fordeler (tekniske forhold)	Ulemper (tekniske forhold)	Fordeler (miljø og samfunn)	Ulemper (miljø og samfunn)
Borehull mot vestre kløft	<ul style="list-style-type: none"> • Utslipp til vestre kløft som har god kapasitet for bortføring av vann. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sikkerhetsrisiko dersom behov for arbeider i kløft. • Mulig frostproblematikk ved utløp i dagen. • Øverste del av vestre kløft ikke egnet for utgang av borehull. 	<ul style="list-style-type: none"> • Vestre kløft er sterkt erodert fra før, og økt vanntilføring vil trolig i liten grad endre terreng og vekstforhold. 	<ul style="list-style-type: none"> • Endring av mikroklima der vann ledes ut er påregnelig.
Borehull mot fjorden	<ul style="list-style-type: none"> • Ingen frostproblematikk ved utslippspunkt under vann. 	<ul style="list-style-type: none"> • Bare aktuelt fra nedre del av tunnel. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ingen erodering av terreng 	<ul style="list-style-type: none"> • Konsekvensene for marint naturmangfold må vurderes nærmere
Borehull mot østre bekk	<ul style="list-style-type: none"> • Mulig å etablere fra øverste del av tunnel. 	<ul style="list-style-type: none"> • Usikkerhet knyttet til hvor mye vann som kan slippes ut i østre bekk. 		<ul style="list-style-type: none"> • Økt vannføring i østre bekk kan føre til mer erodering av terrenget rundt bekken.
Tunnel ut i dagen	<ul style="list-style-type: none"> • Vannet ledes ut nedstrøms skredområdet og videre til fjorden. • Gir mulighet for rømningsvei fra tunnel. • Gir mulighet for å lede ventilasjonsluft ut. 	<ul style="list-style-type: none"> • Krever område i dagen egnet til etablering av forskjæring/tilrettelegging for gjennomslag. 		<ul style="list-style-type: none"> • Utgang mot fjorden vil trolig bli i område med verdifull skog. • Dreneringsvann må på en trygg måte ledes vekk fra kulturminner og kulturmiljø.

7 Sammenstilling og anbefaling

7.1 Innledning

Som beskrevet i kapittel 2.8 er det utført en analyse av de ulike tiltakene (og i noen tilfeller; av ulike alternativer av tiltakene) i en matrise som inneholder prosjektets vurderingskriterier. Kapittel 2.8 beskriver hvordan matrisen er fremkommet og hvordan den er brukt.

Vurderingene i matrisen er å anse som en oppsummering av vurderingene utført i kapittel 6. Formålet med vurderingen i matrisen er å synliggjøre de ulike tiltakenes svakhet og styrker. Matrisen utgjør en del av beslutningsgrunnlaget i fase 1. Vurderingsmatrisene følger i sin helhet som vedlegg til denne rapporten (Vedlegg 6: Vurderingsmatriser).

Tiltakene som er blitt vurdert er:

- **Grøfter for avskjæring og bortledning av overflatevann over baksprekk**
 - Grøfter alternativ 2
 - Grøfter alternativ 3
- **Dreneringshull fra overflaten i nedre del**
- **Dreneringshull fra overflaten i større deler området**
- **Dreneringstunnel**
 - Tunnel – hårnålsvinger fra øvre del (inkludert tilkomsten inn til det ustabile partiet, men ikke inkludert påhuggsområdet)
 - Tunnel – hårnålsvinger fra midtre del (inkludert tilkomsten inn til det ustabile partiet, men ikke inkludert påhuggsområdet)
 - Tunnel – hårnålsvinger fra nedre del (inkludert tilkomsten inn til det ustabile partiet, men ikke inkludert påhuggsområdet)

Tre påhuggsalternativ for dreneringstunnel er blitt vurdert. Disse er sammenlignet med hverandre, ikke med tiltak for drenering.

- a) Nakken
- b) Høghaugen nord
- c) Høghaugen sør

Vurderingsmatrisene er fylt ut i tverrfaglige møter internt i Norconsult og i møte sammen med NVE 16. oktober 2024, samt for påhuggsalternativ 21.oktober 2024. Vurderingsmatrisene følger i sin fulle form i Vedlegg 6: Vurderingsmatriser.

Alle tiltak er videre diskutert med NVE i beslutningsmøte 21.-22.oktober, og man er der blitt enige om hvilke tiltak og alternativer det skal jobbes videre med i det kommende forprosjektet. Dette kapittelet (kapittel 7) oppsummerer konklusjonene fra beslutningsmøtet. Referat fra beslutningsmøtet er vedlagt som Vedlegg 8: Referat fra beslutningsmøte 21. – 22. oktober 2024.

7.2 Grøfter for avskjæring og bortledning av overflatevann

7.2.1 Sammenstilling – grøfter alternativ 2 og alternativ 3

Som beskrevet i kapittel 6.2 er det to versjoner av grøfteplassering som er tatt med i det videre arbeid. I vurderingsmatrisen under (Tabell 7-1) er de to alternativene vurdert ut fra de gitte vurderingskriteriene, og det er lengst til høyre gitt en vurdering av avskjæringsgrøfter som tiltak.

Tabell 7-1: En forenklet versjon av vurderingsmatrise for avskjæringsgrøfter. Lengst til høyre i tabellen er tiltaket med avskjæringsgrøfter vurdert, mens formålet med de to midtre kolonnene er å prøve å vurdere og synliggjøre forskjellen mellom alternativ 2 og 3. Fargene indikerer måloppnåelsen for det aktuelle kriteriet. Grønn farge indikerer høy grad av måloppnåelse, gul middels måloppnåelse og oransje lav måloppnåelse. For begrunnelse vises det til Vedlegg 6: Vurderingsmatriser.

Vurderingskriterier	Evaluering grøfter alternativ 2	Evaluering grøfter alternativ 3	Evaluering av avskjæringsgrøfter som dreneringstiltak
Antatt effekt av drenering			
Teknisk og praktisk gjennomførbarhet			
Landskap/synlighet			
Risiko - SHA (anleggsgjennomføring)			
Risiko - SHA (driftsfase)			
Tidsaspekt			
Trinnvis etablering			
Risiko - grunnforhold, skred og erosjon (driftsfase)			
Bærekraft - massehåndtering			
Arealverdier (natur- og kulturverdier)			
Drift og vedlikehold			
Kostnad for bygging			

Som beskrevet i vurderingene gitt i kapittel 6.2.2 og Vedlegg 6: Vurderingsmatriser, samt oppsummert i vurderingsmatrisen gjengitt over, er det vurdert å være utfordringer knyttet til den tekniske og praktiske gjennomførbarheten og SHA i anleggsfasen. Etter gjennomført innledende georisiko- og SHA-analyse (se kapittel 2.6) og dialog med entreprenører i den omtalte markedsdialogen (se kapittel 2.4) vurderes tiltaket som utfordrende, men gjennomførbart. Spesielt alternativ 2 antas svært krevende anleggsteknisk pga. terrengforholdene langs traseene og spesielt vestre del hvor det er bratt og urområder. Det vurderes at grøftene vil ha effekt, men ikke like stor effekt som tunnel. Det er usikkerhet spesielt knyttet til områdene i vest hvor tiltaket antas svært krevende å etablere. Tiltaket, og dermed effekten, er fremdeles beheftet med en del usikkerhet.

7.2.2 Anbefaling

- Det anbefales å ha avskjæringsgrøfter med i den videre optimaliseringsprosessen i det kommende tekniske forprosjektet.
- Grøfter anbefales ikke som et frittstående tiltak for drenering av det ustabile fjellpartiet fordi det vurderes å være for mye usikkerhet knyttet til både etablering og effekt (viser til Vedlegg 8: Referat fra beslutningsmøte 21. – 22. oktober 2024).
- Det anbefales å kombinere avskjæringsgrøfter med dreneringstunnel.
- Avskjæringsgrøfter vurderes å kunne være et tiltak som man kan sette i verk forholdsvis raskt (et strakstiltak) som kan avhjelpe situasjonen frem til dreneringstunnelen er på plass. Avskjæringsgrøfter vil også kunne fungere etter at dreneringstunnelen er på plass for å redusere vannmengden som direkte infiltrerer i baksprekken.
- Eksakt plassering av grøftene trenger ikke beslattes nå. Innspill fra markedsdialogen tilsier at det kan være ønskelig å involvere entreprenør i endelig plassering og utforming. Det er nødvendig med grunnundersøkelser, samt befarig av bekk mot øst før man kan beslutte hvilken grøfteplassering som er mest ønskelig. Endelig plassering kan bli en kombinasjon eller variant av de to foreslåtte alternativ. Derfor er begge alternativer med som ytterpunkter – det er ikke mulig å etablere grøfter nedstrøms alternativ 2 på grunn av nærhet til baksprekken samt bratt terreng, og det anses som ikke ønskelig å plassere grøfter oppstrøms alternativ 3 på grunn av områder med ur. Den kommende reguleringsplanen vil trolig ikke regulere inn eksakt plassering, men skissere et område hvor grøftene kan plasseres og vann ledes vekk.
- Det anbefales å se nærmere på muligheten for å koble grøfter og tunnel med bekkeinntak i hovedbekkene og borehull til tunnel.

7.3 Dreneringshull fra overflaten

7.3.1 Sammenstilling – nedre del og i større deler av området

Som beskrevet innledningsvis i dette avsnittet, samt i kapittel 6.3 og 6.4, er det vurdert to ulike alternativ knyttet til dreneringshull: Dreneringshull i nedre del/fotsonen av det ustabile partiet (første kolonne i tabellen under) og dreneringshull i hele fjellpartiet; både i nedre del og i det ustabile området (kolonnen til høyre i tabellen under).

Tabell 7-2: En forenklet versjon av vurderingsmatrise for dreneringshull. I tabellen under ses kun fargekategorien som er gitt for hvert vurderingskriterium. Fargene indikerer måloppnåelsen for det aktuelle kriteriet. Grønn farge indikerer høy grad av måloppnåelse, gul middels måloppnåelse og oransje lav måloppnåelse. For begrunnelse vises det til vedlegg.

Vurderingskriterier	Dreneringshull fra overflaten i nedre del	Dreneringshull fra overflaten i større deler av skredområdet
Antatt effekt av drenering	Yellow	Orange
Teknisk og praktisk gjennomførbarhet	Yellow	Orange
Landskap/synlighet	Green	Yellow
Risiko - SHA (anleggsgjennomføring)	Green	Yellow
Risiko - SHA (driftsfase)	Green	Orange
Tidsaspekt	Green	Yellow
Trinnvis etablering	Green	Green
Risiko - grunnforhold, skred og erosjon (driftsfase)	Green	Orange
Bærekraft - massehåndtering	Green	Green
Arealverdier (natur- og kulturverdier)	Yellow	Yellow
Drift og vedlikehold	Green	Orange
Kostnad for bygging	Green	Yellow

Som man raskt ser av tabellen over er det langt større grad av utfordringer og usikkerhet knyttet til alternativet med dreneringshull fra større deler av skredområdet enn det er for det alternativet som kun har dreneringshull i nedre del. Dreneringshull i en større del av området har dårlig måloppnåelse når det gjelder antatt effekt av dreneringen, teknisk og praktisk gjennomførbarhet, SHA i anleggsgjennomføringen, risiko knyttet til grunnforhold, skred og erosjon samt drift og vedlikehold.

Det er mindre usikkerhet knyttet til dreneringshull i nedre del, men effekten av dreneringen vurderes å være begrenset da man kun dekker nederste delen, og det er fortsatt usikkerhet omkring om/hvor man vil treffe vannførende sprekker.

7.3.2 Anbefaling dreneringshull fra overflaten i større deler av skredområdet

Det anbefales at dreneringshull i en større del inne i det ustabile området forkastes som tiltak (se også Vedlegg 8: Referat fra beslutningsmøte 21. – 22. oktober 2024). Begrunnelsen for dette er at det er for mye usikkerhet knyttet til dette tiltaket, både når det gjelder gjennomføring og vann på avveier, og at det er fare for å kunne forverre stabilitetssituasjonen ved Åknes fremfor å forbedre den. Det er spesielt lagt vekt på følgende forhold i begrunnelsen:

- Det har vært store utfordringer med boringer i skredområdet tidligere ifm. etablering av borehull for overvåking, hovedsakelig pga. oppsprukket bergmasse med svært åpne sprekker. Dette har spesielt vært tilfelle for boringer i midtre/øvre deler av skredområdet. Kjernehullene som er boret er hovedsakelig vertikale, noe som i utgangspunktet antas enklere enn hull på slak stigning, som ville være tilfelle med dreneringshull.
- Det vurderes å være fare for at vann som dreneres fra dypere lag ikke følger dreneringshullet hele vegen ut i dagen, men i stedet renner tilbake til skredområdet i den oppsprukne bergmassen nærmere overflaten. Dette forhold er ikke mulig å ha kontroll over, og vann på avveie nye steder inne i aktiv sone kan potensielt føre til trykkoppbygging nye steder, noe som vurderes å være en betydelig fare.
- Spesielt for borehull oppe i fjellsiden vurderes det å være store utfordringer og usikkerheter knyttet til system for bortledning av vann som dreneres ut fordi området er bratt og utsatt for snøskred. Det vurderes å være en betydelig risiko for vann på avveier i det ustabile partiet i forbindelse med bortledning av vannet.
- Dreneringshull i et fjellparti i bevegelse vil bli deformerte og miste funksjonalitet over tid. Det vil være begrensninger knyttet til boringer av nye hull, da man ikke har tilgang til fjellsiden i perioder med snøskredfare eller økt farenivå i det ustabile partiet. Man vil da ikke nødvendigvis kunne gjøre justeringer og tiltak raskt når man ser at effekten av tiltaket svekkes, eller prøve å drenere ut mer vann i perioder med økt bevegelse i fjellet.

7.3.3 Anbefaling dreneringshull i nedre del

- Det anbefales at dreneringshull i nedre del tas med i videre detaljering i teknisk forprosjekt. Tiltaket er ikke forbundet med samme høye risiko som dreneringshull i større deler av skredområdet. Det vurderes å være mindre fare for boreproblemer, bortledning av vann gjøres nedenfor det ustabile området og det vurderes å være mindre fare i forbindelse med at vann på avveie nye steder inne i aktiv sone vil føres til en forverring av stabilitetssituasjonen.
- Dreneringshull i nedre del anbefales ikke som et selvstendig dreneringstiltak, men er aktuelt i kombinasjon med avskjæringsgrøfter og dreneringstunnel.
- Tiltaket må ses på mer som et strakstiltak som kan forsøkes for å avhjelpe situasjonen fram til dreneringstunnel er på plass.

7.4 Dreneringstunnel

7.4.1 Sammenstilling

Som beskrevet i kapittel 6.5 er det etter idémøtet mars 2024 (Vedlegg 1: Rapport fra idémøte 14. mars 2024) kun sett på en maksløsning med dreneringstunnel under hele skredområdet, og det er primært tilkomst for atkomsttunnelen som skiller alternativene: Atkomsttunnel til øvre del, atkomst til midtre del og atkomst til nedre del. Det er ulike fordeler og ulemper ved de tre traséene; dette er nærmere beskrevet i kapittel 6.5. Under det ustabile partiet er det planlagt en dreneringstunnel med hårnålsvinger for best mulig klare å dekke hele området.

I Tabell 7-3 ses en forenklet utgave av vurderingsmatrisen. For begrunnelse for fargekoden vises det til Vedlegg 6: Vurderingsmatriser.

Tabell 7-3: En forenklet versjon av vurderingsmatrisen for tunnelalternativer. Lengst til høyre i tabellen er tiltaket med tunnel vurdert, mens de tre midtre kolonnene synliggjør forskjellen mellom de tre alternative traseene. Fargene indikerer måloppnåelsen for det aktuelle kriteriet. Grønn farge indikerer høy grad av måloppnåelse, gul middels måloppnåelse og oransje lav måloppnåelse. For begrunnelse vises det til Vedlegg 6: Vurderingsmatriser.

Vurderingskriterier	Evaluering Tunnel - adkomst til øvre del	Evaluering Tunnel - adkomst til midtre del	Evaluering Tunnel - adkomst til nedre del	Evaluering av tunnel som dreneringstiltak
Antatt effekt av drenering				
Teknisk og praktisk gjennomførbarhet				
Landskap/synlighet				
Risiko - SHA (anleggsgjennomføring)				
Risiko - SHA (driftsfase)				
Tidsaspekt				
Trinnvis etablering				
Risiko - grunnforhold, skred og erosjon (driftsfase)				
Bærekraft - massehåndtering				
Arealverdier (natur- og kulturverdier)				
Drift og vedlikehold				
Kostnad for bygging				

Som man ser lengst til høyre i tabellen er dreneringstunnel som tiltak vurdert å være både kostbart og ta lang tid å planlegge og bygge. Dreneringseffekten er imidlertid vurdert som høy. Tunnelen antas å ha en viktig drenerende effekt i seg selv, og det vil være mulig å lage borehull inn i fjellet for å ta ut mer vann. Antall borehull kan tilpasses behov, og utvikling over tid.

Det er forholdsvis liten risiko knyttet til både anleggsgjennomføring samt drift og vedlikehold sammenlignet med andre vurderte tiltak. Med en dreneringstunnel vil man kunne overvåke, vedlikeholde og gjøre tiltak hele året, og i perioder med økt bevegelse. Man er ikke avhengig av godt flyvær og ikke påvirket av snøskredfare, og de som skal drive med drift, vedlikehold og overvåking vil kunne ferdes trygt.

Ved sammenligning av de tre alternative traseene for atkomsttunnel, kommer alternativet til nedre del dårligst ut; både når det gjelder kostnad og tidsaspekt. Med hensyn til tidsaspekt kommer det midtre alternativet best ut.

7.4.2 Anbefaling

- Det anbefales at dreneringstunnel er å anse som hovedtiltak for drenering av Åknes (se også Vedlegg 8: Referat fra beslutningsmøte 21. – 22. oktober 2024. Dreneringstunnel er en velprøvd metode og internasjonale erfaringer tilsier at dette fungerer. Tunnel er både antatt og erfart å være et robust tiltak.
- Det anbefales å arbeide videre med alternativet hvor adkomsttunnelen går til midtre del av skredområdet, da dette vurderes som det mest fleksible alternativet, og det alternativet som kan bygges raskest (dreneringstunnel kan etableres både oppover og nedover samtidig) slik at man raskest mulig får en dreneringseffekt. Den reduserte byggetiden vil trolig også kunne slå positivt ut på kostnaden.
- Det arbeides videre med et alternativ med dreneringstunnel i prioriteringsområde 1 og 2 (se Figur 5-1 for prioriteringsområder), og et alternativ med tunnel i prioriteringsområde 1, 2 og 3 (hele vegen ned).
- Hvis tunnelen blir etablert helt ned mot fotsonen av det ustabile området er det ønskelig med en rømningsutgang i bunn.
- Dersom det skal etableres en kobling mellom grøfter/bekkeinntak og tunnel, må tunneltraseen tilpasses med en tunnelarm oppstrøms baksprekken.

7.5 Påhuggsalternativer i Strandadalen

7.5.1 Sammenstilling – Nakken, Høghaugen nord og Høghaugen sør

Som beskrevet i kapittel 6.6 er det tre påhuggsalternativer i Strandadalen som vurderes som teknisk- og sikkerhetsmessig gjennomførbare, og akseptable ut fra miljø- og samfunnmessige perspektiv.

Fordeler og ulemper ved de tre alternativ er drøftet i kapittel 6.6. I Tabell 7-4 ses en forenklet utgave av vurderingsmatrisen. For begrunnelse for fargekoden vises det til Vedlegg 6: Vurderingsmatriser.

Som det fremkommer av matrisen i Tabell 7-4 vurderes påhuggsalternativet Høghaugen sør å være det alternativet som i størst grad oppfyller vurderingskriteriene for prosjektet. Alternativet ved Nakken er det alternativet som i lavest grad oppfyller vurderingskriteriene.

Tabell 7-4: Vurderingsmatrise for påhuggsalternativ i Strandadalen. Fargene indikerer måloppnåelsen for det aktuelle kriteriet. Grønn farge indikerer høy grad av måloppnåelse, gul middels måloppnåelse og oransje lav måloppnåelse. For begrunnelse vises det til Vedlegg 6: Vurderingsmatriser.

Vurderingskriterier	Evaluerer Påhugg Nakken	Evaluerer Påhugg Høghaugen nord	Evaluerer Påhugg Høghaugen sør
Antatt effekt av drenering	Ikke aktuell	Ikke aktuell	Ikke aktuell
Teknisk og praktisk gjennomførbarhet			
Landskap/synlighet			
Risiko - SHA (anleggsgjennomføring)			
Risiko - SHA (driftsfase)			
Tidsaspekt			
Trinnvis etablering	Ikke aktuell	Ikke aktuell	Ikke aktuell
Risiko - grunnforhold, skred og erosjon (driftsfase)			
Bærekraft - massehåndtering			
Arealverdier (natur- og kulturverdier)			
Drift og vedlikehold	Ikke aktuell	Ikke aktuell	Ikke aktuell
Kostnad for bygging			

7.5.2 Anbefaling

På bakgrunn av beskrivelsene gitt i kapittel 6 samt resultatet som fremkommer i vurderingsmatrisen beskrevet i kapittel 7.5.1 ble det i forbindelse med beslutningsmøtet 21.-22.oktober 2024 besluttet å gå videre med detaljering og regulering av påhuggsalternativ Høghaugen sør.

Påhugg sør ligger utsatt til for snøskred og for påhuggs- og riggområdet må det etableres en ledevoll mot snøskred fra Høghaugen og skrått mot sørvest. Det kan også være aktuelt å etablere en ledevoll fra Høghaugen skrått mot Røyr-tunnelen, samt ved tidligere Røyr gård som del av samarbeidet med grunneier. Som riggområde er det aktuelt å benytte allerede opparbeidet areal sør for driftsbygningen. Ved etablering av sikringstiltak mot skred, antas mulig å utvide riggareal mot sør og/eller øst. Dette kan vurderes nærmere i forbindelse med videre arbeider. Dersom det er behov for ytterligere areal, antas det mulig å benytte arealer også nord for gården (se Figur 6-16), men anleggstrafikk forbi boligene bør minimeres.

7.6 Aktuelle kombinasjoner

Det anbefales at dreneringstunnel er hovedtiltak, og at øvrige tiltak ses på som tilleggstiltak/strakstiltak (se Vedlegg 8: Referat fra beslutningsmøte 21. – 22. oktober 2024 for detaljer rundt denne beslutningen).

En kombinasjon av tiltak anses å være en fordel og bidra til redusert usikkerhet. I tillegg vurderes etablering av avskjæringsgrøfter og dreneringshull som aktuelle tiltak som kan etableres før en tunnel blir ferdig bygget.

Aktuelle kombinasjoner er listet i Tabell 7-5 under:

Tabell 7-5: Aktuelle anbefalte kombinasjoner av dreneringstiltak (se Figur 5-1 for prioriteringsområder).

Kombinasjon 1	Kombinasjon 2
Avskjæringsgrøfter	Avskjæringsgrøfter
Tunnel i prioriteringsområde 1 og 2	Tunnel i prioriteringsområde 1, 2 og 3 (hele veggen ned)
Dreneringshull i nedre del	Dreneringshull i nedre del

7.7 Videre arbeid

7.7.1 Grunnvannstrømningsmodellering

Grunnvannstrømningsmodellering vil fortsette i det videre arbeidet med forprosjektet. Det foreslås simulering av følgende scenarier for å vurdere effekten av de forskjellige avskjærings- og dreneringstiltak:

- 1) Scenario 1. Modellering av dagens grunnvannsforhold i en likevektstilstand, der det kommer like mye vann inn som det går vann ut av modellen. Etter at denne modellen er kalibrert med eksisterende borehull og har gitt tilfredsstillende resultater, benyttes den til å simulere de neste scenarioene i tidsavhengig tilstand.
- 2) Scenario 2. Avskjære avrenningen oppstrøms baksprekk med den høyest antatte effekt på reduksjon av overvannet som strømmer oppstrøms baksprekken mot skredområdet. Dette er det minst konservative scenario for effekten av avskjæringsgrøftene.
- 3) Scenario 3. Avskjære avrenningen oppstrøms baksprekk uten reduksjon i vestre del, hvor teknisk gjennomførbarhet til grøftene er vurdert veldig krevende, og med middels effekt på reduksjon av overvannet i det midtre/østre baksprekkområdet. Dette er et middels konservativt scenario for effekten av avskjæringsgrøftene.
- 4) Scenario 4. Avskjære avrenningen oppstrøms baksprekk uten reduksjon i vestre del, hvor det teknisk gjennomførbarhet til grøftene er vurdert veldig krevende, og med lav effekt på reduksjon av overvannet i det midtre/østre baksprekkområdet. Dette er det mest konservative scenario for effekten av avskjæringsgrøftene.
- 5) Scenario 5. Dreneringstunnel under hele skredområdet.
- 6) Scenario 6. Dreneringstunnel i prioriteringsområde 1 og 2, samt dreneringshull fra overflaten i nedre del av skredområdet.
- 7) Scenario 7. Kombinasjonsscenario, hvor det kombineres avskåret avrenning oppstrøms baksprekk, dreneringstunnel i prioriteringsområde 1 og 2 og dreneringshull i nedre del.
- 8) Scenario 8. Kombinasjonsscenario, hvor det kombineres avskjæringsgrøfter og dreneringstunnel i hele skredområdet.
- 9) Scenario 9. Kombinasjonsscenario, hvor det kombineres avskjæringsgrøfter og dreneringshull i bunnen av skredområdet.

Basert på fortløpende resultater, kan det være aktuelt å justere på scenariene som modelleres.

7.7.2 Vurdering av behov for grunnundersøkelser før bygging

Det vil være behov for å utføre grunnundersøkelser før bygging. Aktuelle undersøkelser er oppsummert i Tabell 7-6.

Tabell 7-6: Oppsummering av behov for supplerende grunnundersøkelser før bygging.

Sted/tiltak	Grunnundersøkelser
Påhugg-Høggaugen sør	<ul style="list-style-type: none"> • Usikker løsmassetykkelse. Det bør utføres refraksjonsseismiske undersøkelser, ev. i kombinasjon med totalsonderinger. Dette kan utføres i forbindelse med detaljprosjektering.
Avskjæringsgrøfter	<ul style="list-style-type: none"> • Usikker løsmassetykkelse. Det bør utføres geofysiske undersøkelser og eventuelt prøvegravinger. • Undersøkelser av grunnvannsforhold oppstrøms baksprekken. Det anbefales minst et borehull, gjerne flere. Dette for å: <ul style="list-style-type: none"> ○ Vurdere hvor høyt grunnvannet står og om det står i ulike nivåer ○ Observere responsen og variasjonen av grunnvannet i forhold til nedbør og snøsmelting ○ Observere bergmassens oppsprekking mot dypet. ○ Vurdere hvor mye vann som renner på overflaten sammenlignet med hvor mye vann som infiltrere i bakken, spesielt når det er mye avrenning • Feltbefaring i forbindelse med vurderinger av utslipp av vann i bekk øst for det ustabile fjellpartiet.
Dreneringstunnel	<ul style="list-style-type: none"> • Undersøkelser av mekaniske egenskaper for å få oversikt over kvaliteten til massene. • Undersøkelser av geokjemiske egenskaper for å få oversikt over bergmassens syredannende potensial. <p>Disse undersøkelsene planlegges utført i 4.kvartal 2024.</p>

8 Referanser

- [1] Kommunane Norddal, Stordal, Stranda, Sykkylven, Ørskog, Skodje, Ålesund, Sula, Hareid, Ørsta, «Konsekvensanalyse Fjellskred frå Åknes,» 2015.
- [2] DSB, «Risikoanalyse av varslet fjellskred i Åknes,» 2016.
- [3] NGI, «REMEDY - et BegrensSkade prosjekt, sluttrapport, rapportnr. 20170774-01-R,» 2022.
- [4] G. Pless, L.-H. Blikra og L. Kristensen, «Possibility for using drainage as mitigation to increase the stability of the Åknes rock-slope instability, Stranda in western Norway,» NVE, 2021.
- [5] Norges vassdrags- og energidirektorat, «Konkurransesgrunnlag. Forprosjekt Åknes drenering: Realitetsvurdering av aktuelle tiltak for drenering av fjellpartiet Åknes i Stranda kommune, Vedlegg 1 Oppdragsskildring,» 2023.
- [6] NGI, «Drainage Åknes. Hydrogeological report. Doc. n. 20180662-06-R,» 2020.
- [7] C. Sena og A. Braathen, «Åknes rock-slope failure hydrogeology final report,» Universitetet i Oslo, 2021.
- [8] S. Frei, «Groundwater Flow at the Åknes Rockslide Site (Norway). Results of a Multi-Tracer Test. MSc thesis.,» ETH Zurich, 2008.
- [9] F. Biørn-Hansen, «The Hydrogeochemistry and Water Balance of Åknes Rock Slope. MSc oppgave,» UiO, 2019.
- [10] Norges geologiske undersøkelse, «Løsmassekart,» [Internett]. Available: <https://www.ngu.no/geologiske-kart>. [Funnet mai 2024].
- [11] B. Nilsen og A. Palmström, Handbook no 2, Engineering geology and rock engineering, Norsk bergmekanikkgruppe, 1999.
- [12] L. Tønset, «Verdien av kjerneborehull for økt forståelse av stabilitetsforhold ved Åknes skredområde,» Masteroppgave tekniske geofag, NTNU, 2019.
- [13] Statens vegvesen, «Fv 60 Røyr - Hellesylt, Byggesteg 3, Ljøttunnelen Ingeniørgeologisk sluttrapport,» Statens vegvesen, 2016.
- [14] Multiconsult, «Kostnadsestimat for sikringstiltak - Drenering av Åknes,» 2020.
- [15] Sweco, «Ledevegg Åkneset - kostnadsestimat,» 2020.
- [16] NGI, «Drenering Åknes. Ingeniørgeologiske vurderinger og kostnadsestimat for tunnelalternativ,» 2020.
- [17] Norconsult Norge AS, «Forprosjekt Åknes drenering, Rapport fra befarings til påhuggsområder i Strandadalen,» 2024.

Forprosjekt Åknes drenering

Alternativvurdering av dreneringsløsninger

Oppdragsnr.: 52309571 Dokumentnr.: FELLES-RAP-01 Revisjon: J01

[18] Norges vassdrags- og energidirektoratet (NVE), «Hvordan lages vannkartene i SeNorge og Xgeo?,» [Internett]. Available: <https://www.nve.no/media/11983/hvordan-lages-vannkartene-i-senorge-og-xgeo.pdf>.

9 Vedlegg

9.1 Vedlegg 1: Rapport fra idémøte 14. mars 2024

9.2 Vedlegg 2: Tidsserier for målt grunnvannstand

9.3 Vedlegg 3: Vurderinger av dreneringstunnelens plassering under skredområdet

9.4 Vedlegg 4: Arbeidsgrunnlag hydrologi

9.5 Vedlegg 5: Befaringsnotat hydrologi – Åknes

9.6 Vedlegg 6: Vurderingsmatriser

9.7 Vedlegg 7: Tidligfase georisiko- og SHA-vurdering

9.8 Vedlegg 8: Referat fra beslutningsmøte 21. – 22. oktober 2024

NVE

► Forprosjekt Åknes drenering

Oppsummering av idémøte med NVE på Gardermoen 14.mars 2024

Oppdragsnr.: 52309571 Dokumentnr.: ADM-RAP-01 Revisjon: J02 Dato: 2024-04-03



Forprosjekt Åknes drenering

Oppsummering av idémøte med NVE på Gardermoen 14.mars 2024
Oppdragsnr.: 52309571 Dokumentnr.: ADM-RAP-01 Revisjon: J02



Oppdragsgiver: NVE
Oppdragsgivers kontaktperson: Idun N. Vefring
Rådgiver: Norconsult Norge AS, Ålesund
Oppdragsleder: Pernille Ibsen Lervåg
Fagansvarlig: Pernille Ibsen Lervåg
Andre nøkkelpersoner: Nicole Ragvin, Steinar Myrabø, Olve Skjerdal Lysne, Clara Sena

Revisjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent
J02	03.04.2024	Justert etter innspill fra NVE	P. Lervåg	N. Ragvin	P. Lervåg
J01	22.03.2024	For oversendelse til NVE	P. Lervåg	N. Ragvin	P. Lervåg

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

Sammendrag

Dette er et notat som oppsummerer resultatene fra et idémøte NVE og Norconsult Norge AS gjennomførte 14. mars 2024 som en del av fase 1 av forprosjektet for drenering av det ustabile fjellpartiet Åknes.

Formålet med idémøtet var å gjennomgå alle tidligere og alle nye alternativer til løsninger for drenering, og vurdere om alternativ(er) kunne forkastes. Noen alternativer ble forkastet, men de fleste tas med videre for bearbeiding og optimalisering. Dette notatet oppsummerer begrunnelsen.

Som vedlegg til notatet følger møtereferat, presentasjon fra møtet samt en tabell som lister opp alternativer og beskriver fordeler, ulemper og usikkerheter.

Innhold

1	Innledning	4
2	Agenda for idémøtet	5
3	Prosjekt mål og vurderingskriterier	6
3.1	Utfordringer, behov og mål	6
3.2	Vurderingskriterier	6
4	Gjennomgang alternativer	7
4.1	Metode	7
4.2	Alternativer for avskjæring av overflatevann over baksprekk	8
4.2.1	Avskjæring lang mur	8
4.2.2	Avskjæring – mur og rør – en eller flere	8
4.2.3	Avskjæringsgrøfter, med eller uten drenering ned til tunnel	9
4.3	Dreneringshull fra overflaten	9
4.4	Alternative påhuggsplasseringer i Strandadalen	10
4.5	Dreneringstunnel – alternativer i skredområdet	12
5	Oversikt over forkastede og videreførte alternativ	13
6	Gruppearbeid	14
6.1	Hvordan planlegge med hensyn til bærekraft?	16
6.2	Forventede utfordringer og hindre	16
6.3	Hva vil det si at tiltaket har ønsket effekt?	16
6.4	Interessenter og omgivelser	16

1 Innledning

Norconsult Norge AS (heretter kalt NO) jobber på oppdrag fra Norges vassdrags- og energidirektorat (heretter kalt NVE) med et forprosjekt for drenering av det ustabile fjellpartiet Åknes. Oppstartsmøte med NVE ble avholdt i januar 2024. NO har i perioden etter oppstartsmøtet jobbet med å få frem så mange ulike løsninger som mulig. Arbeidet har vært delt inn i fire tema; avskjæringsløsninger for overflatevann oppstrøms baksprekk, dreneringshull fra overflaten, tunnelpåhugg og traséer for dreneringstunnel. Det har vært sett på både tidligere foreslåtte alternativer, samt nye løsninger.

NVE har satt som forutsetning at tunnelpåhugget skal være i Strandadalen, begrunnelsen for dette er gitt i notatet «*Grunngjeving for valt utgangspunkt for dreneringstunnel i det ustabile fjellpartiet Åknes*» utarbeidet av NVE, datert 18.01.2024.

Formålet med idémøtet på Gardermoen 14. mars 2024 var følgende:

- Diskutere utfordringer og behov, samt prosjektets mål og vurderingskriterier.
- Vise tidligere løsningsforslag, samt nye ideer fra Norconsult.
- Få fram alle alternativer/ideer som NVE har tenkt på før forprosjektet startet.
- Kommunikasjon i fellesskap om tilbakemeldinger til de ulike alternativene.
- Begrense antall alternativer som tas med videre i fase 1-vurderingene.

Fra NVE deltok: Idun N. Vefring, Eli Anne Støfring, Gustav Pless, Jan Bakke Flore, Lars Harald Blikra og Aart Verhage

Fra Norconsult deltok: Pernille I. Lervåg, Nicole Ragvin, Steinar Myrabø, Clara Sena og Olve S. Lysne.

Som en del av underlaget for møtet var det laget en presentasjon som viser og illustrerer alternativene, og en tabell hvor man finner kommentarer og vurderinger av alternativene. Tabellen ble også benyttet for å samle innspill som kom i møtet under gjennomgang av alternativene. Presentasjonen og oppdatert tabell følger som henholdsvis vedlegg 1 og 2 til denne rapporten.

Det er ført referat fra møtet, se vedlegg 3.

2 Agenda for idémøtet

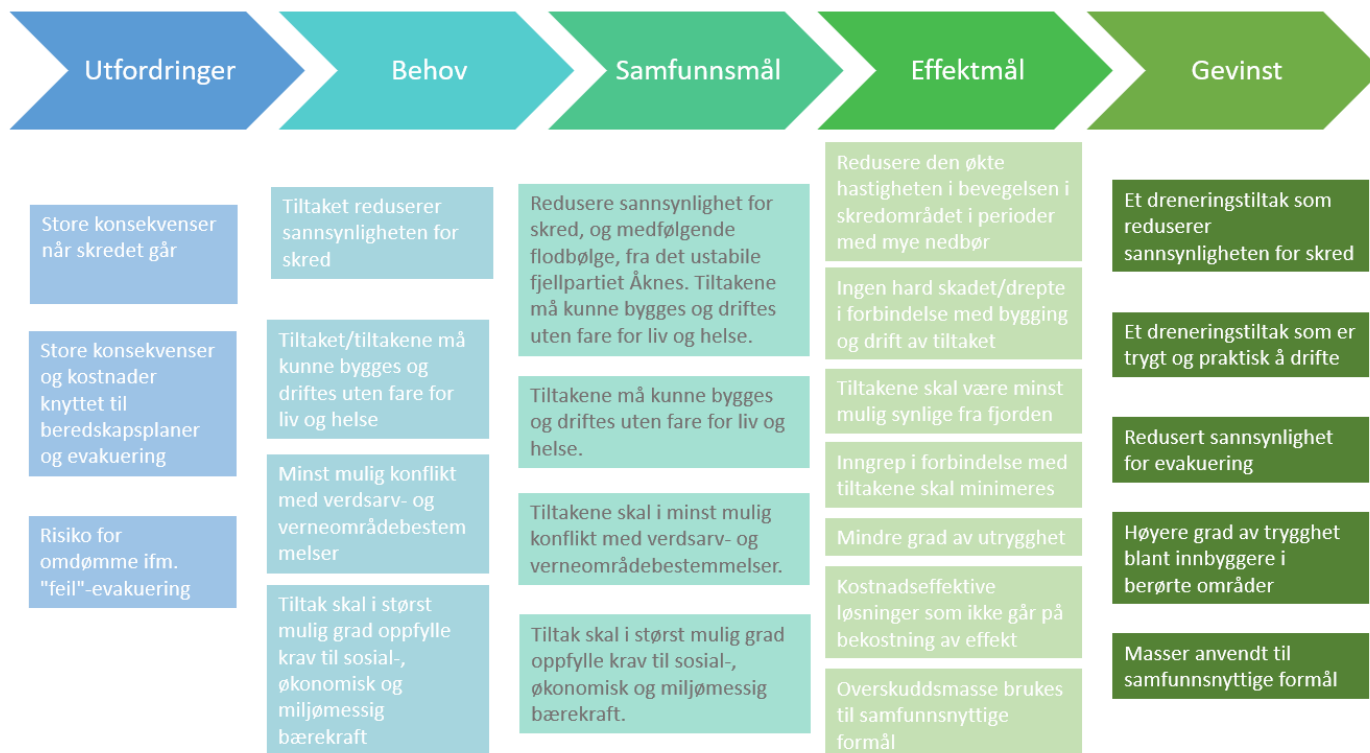
Programmet for dagen er gjengitt under:

- Kl. 08:30 – 09:00: Dagens utfordringer og behov, samt prosjektets mål
- Hva er problemet med dagens situasjon? v/NVE
 - Hvorfor ikke bare fortsette med overvåking som i dag? v/NVE
 - Hva er målet med prosjektet? v/NVE
 - Diskusjon
- Kl. 09:00 – 09:30 Hvilke kriterier skal løsningene vurderes ut fra?
- Hva trenger beslutningstakere for å beslutte om prosjektet skal gjennomføres? v/NVE
 - Hvilke tema vurderer NVE selv når de gir sine uttalelser til andre utbyggingsprosjekt/tiltak? v/NVE
 - Er det noen nasjonale føringer som blir viktige inn som kriterium? v/NVE
 - Utkast til kriterier v/Norconsult
 - Prioritering av kriterier
- Kl. 09:30 – 09:45: Innledning løsninger og gitte/satte forutsetninger
- Kl. 09:45 – 10:00: PAUSE
- Kl. 10:00 – 10:15: **Presentasjon avskjæring overflatevann oppstrøms baksprekk**
- Kl. 10:15 – 10:45: Ulike perspektiv – dreneringsgrøfter
- Kl. 10:45 – 10:55: **Presentasjon dreneringshull fra overflaten i skredområdet**
- Kl. 10:55 – 11:15: Ulike perspektiv – dreneringshull
- Kl. 11:15 – 11:30: **Presentasjon påhuggsalternativ i Strandadalen**
- Kl. 11:30 – 12:00: Ulike perspektiv - påhuggsalternativ
- Kl. 12:00 – 12:45: LUNSJ
- Kl. 12:45 – 13:00: **Presentasjon alternativer for tunneltrasé**
- Kl. 13:00 – 13:30: Ulike perspektiv - traséalternativ
- Kl. 13:30 – 13:40: PAUSE
- Kl. 13:40 – 14:40: Gruppeoppgave
- Kl. 14:40 – 15:30: Oppsummering og veien videre
- Kan vi begrense antall alternativ?
 - Hvilke alternativ går vi videre med?

3 Prosjektmål og vurderingskriterier

3.1 utfordringer, behov og mål

Norconsult hadde i forkant av møtet, på bakgrunn av tidligere innspill fra NVE, jobbet med utfordringer, behov og mål. Figuren under viser en sammenstilling av dette arbeidet:



NVE og Norconsult var enige i å jobbe videre med prosjektet ut fra dette oppsettet. For detaljer i diskusjonen vises det til møtereferatet.

3.2 Vurderingskriterier

Vurderingskriterier ble diskutert og rangert i møtet, og NVE landet på en foreløpig følgende rekkefølge:

- Effekt av drenering
- Teknisk og praktisk gjennomførbarhet
- Landskap/synlighet
- Grad av konflikt med nasjonale og regionale føringer
- Risiko, SHA (anleggsgjennomføring)
- Risiko, grunnforhold (skred, erosjon, om tiltaket kan skape nye ustabiliteter)
- Bærekraft – CO₂-regnskap
- Bærekraft – arealbeslag
- Arealverdier (natur/miljøverdier og ressurser)
- Drift og vedlikehold
- Kostnad for bygging

4 Gjennomgang alternativer


4.1 Metode

Gjennomgangen av alternativer ble i møtet inndelt i fire tema:

1. Alternativer for avskjæring av overflatevann oppstrøms bakksprekk
2. Dreneringshull fra overflaten
3. Alternative påhuggsplasseringer i Strandadalen
4. Dreneringstunnel – alternativer i skredområdet.

NO hadde i forkant av møtet utarbeidet en presentasjon med skisser og forklaringer til alle de ulike alternativene (vedlegg 1) og en tabell med kommentarer og vurderinger av fordeler, ulemper og usikkerheter (vedlegg 2). Et bredt tverrfaglig team var involvert i utarbeidelsen av grunnlaget gjennom arbeidsmøter for de fire ulike temaene. Presentasjonen og tabellen var oversendt NVE en uke i forkant av møtet (7. mars 2024).

I møtet 14.mars ble alternativene presentert. Den innledende presentasjonen av alternativet ble utført nøytralt, uten å trekke inn fordeler og ulemper. Presentasjonen skulle være faktabasert og nøktern, og den som presenterte skulle forestille seg å ha på den «hvite hatten» som beskrevet under:

	<p>Den hvite nøytrale hatten – nøytral presentasjon av løsningsforslag</p> <ul style="list-style-type: none"> • Informasjon • Fakta – så mye som mulig uten tolkning • Kunnskap - hva vet vi? • Objektiv
--	--

Deretter gikk vi igjennom alternativ for alternativ med ulike «hatter» på. Vi startet ut med at alle skulle ha på den positive gule hatten, deretter den negative svarte hatten, etter det den kreative grønne hatten, og til slutt den analytiske blå hatten hvor vi så alternativet opp mot de satte vurderingskriteriene. Det var mest fokus på fordeler, ulemper og utviklingsmuligheter (gul, svart og grønn hatt). Vurderinger i forhold til vurderingskriterier ble ikke gjennomført systematisk, men på mer generell basis.

	<p>Vurder ideene med den positive gule hatten på</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hva er bra med disse ideene? • Hva er fordelene med disse ideene?
	<p>Vurder ideene med den negative svarte hatten på</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ulemper • utfordringer • Svakheter • Forbehold • Problemer som kan oppstå
	<p>Vurder ideene med den grønne kreative hatten på</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hvordan kan vi eventuelt utvikle ideene videre? • Hva kan vi forandre? • Tenk utenfor boksen; se etter mindre åpenbare alternativ
	<p>Gjør en analytisk/rasjonell vurdering med den blå hatten på</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hvordan oppfyller løsningene de satte kriteriene? • Er det andre forhold vi må ta hensyn til?

Vi gjorde oss ferdige med et alternativ før vi gikk videre til neste. Det ble notert i Excel-tabellen (vedlegg 2) slik at denne ble oppdatert med vurderingene gjort i møtet.

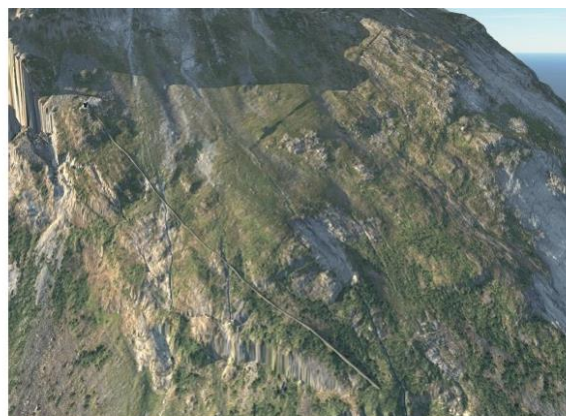
4.2 Alternativer for avskjæring av overflatevann over baksprekk

Tre alternativer (det ene med to underalternativer) ble presentert og diskutert. For detaljer vises det til den tidligere omtalte presentasjonen og tabellen i vedlegg 1 og 2.

4.2.1 Avskjæring lang mur



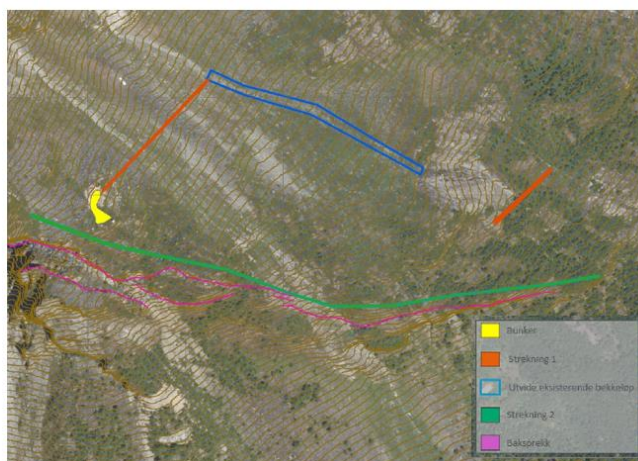
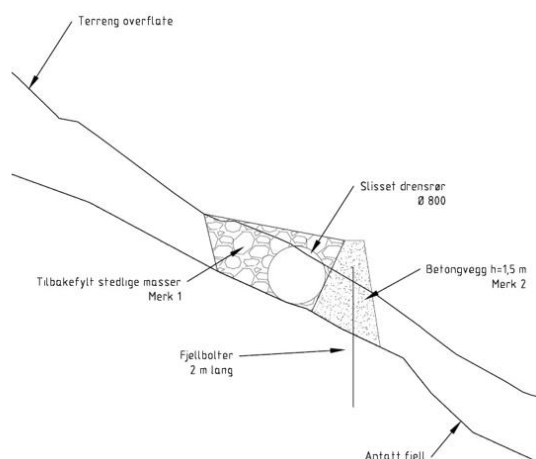
Figur 1 - Forutsatt tversnitt



Figur 2 - Oversikt, sett fra sørøst

Vurdering av alternativ: Sårbart alternativ: Utsatt for steinsprang og snøskred, og hvis svikt et sted er hele løsningen ute og en kan få mye vann på avveie. Kommer dårlig ut ift. vurderingskriterier: Landskap/synlighet, bærekraft, gjennomførbarhet, risiko og sårbarhet. **Alternativet forkastes.**

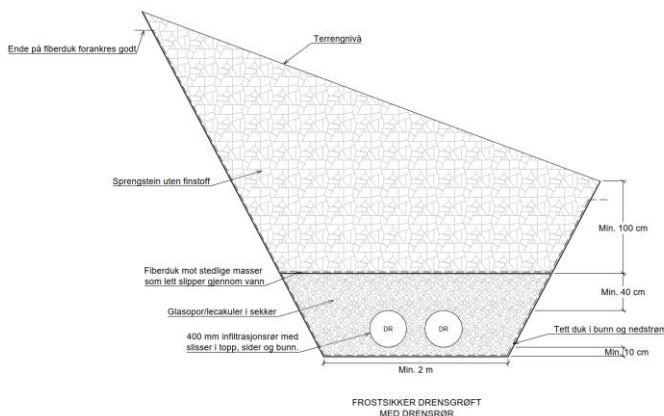
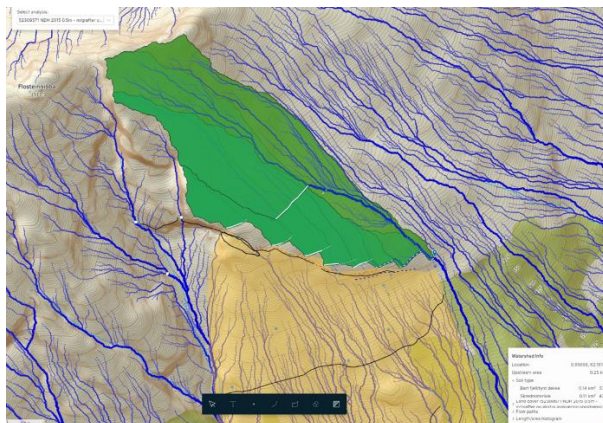
4.2.2 Avskjæring – mur og rør – en eller flere



Kort beskrivelse: Dette alternativet er foreslått i to varianter: Med og uten den lange muren (vist med grønn linje i bildet over).

Vurdering av alternativ: Muren har drenerør på baksiden med løsmasser over og er derfor vurdert å være noe mindre utsatt for steinsprang og snøskred enn alternativet over, men ellers er vurderingen som for alternativet over. Ved kun mindre murer (røde linjer) kombinert med utvidet bekkeløp (markert med blått) vil effekten være mindre, samtidig med dårlig oppfyllelse av øvrige kriterier knyttet til gjennomførbarhet, risiko, sårbarhet, landskap/synlighet og bærekraft. **Alternativet forkastes.**

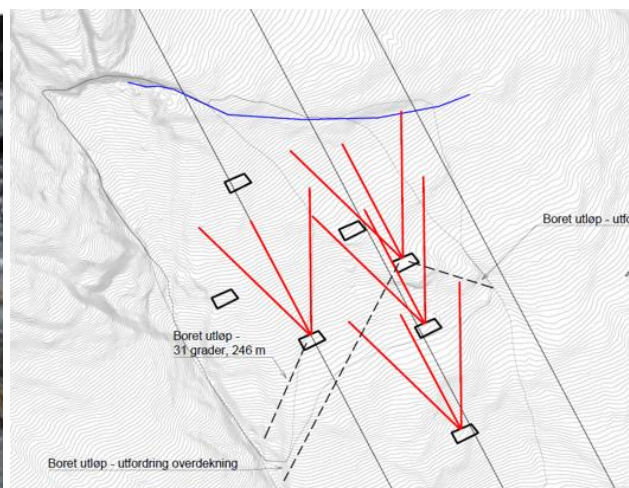
4.2.3 Avskjæringsgrøfter, med eller uten drenering ned til tunnel



Kort beskrivelse: Norconsult sin løsning med avskjæringsgrøfter er en videreutvikling av Multiconsult sitt tidligere forslag. I dette alternativet ligger grøfta under bergoverflata og er dermed skjermet for skred. Oppsettet består av flere korte fjellgrøfter (50-100 meter) som samler opp overflatevann og leder det til bekkesystem utenfor skredområdet. Det er mulig å se nærmere på en videreutvikling kombinert med drenshull til dreneringstunnel.

Vurdering av alternativ: Løsningen vil være lite utsatt for skred. Flere korte grøfter gir en robust løsning med tanke på at svikt ett sted ikke setter hele løsningen ut av funksjon. Det er usikkerhet omkring gjennomføring av tiltaket, spesielt ift. SHA. **Løsning tas med videre til videre optimalisering.**

4.3 Dreneringshull fra overflaten



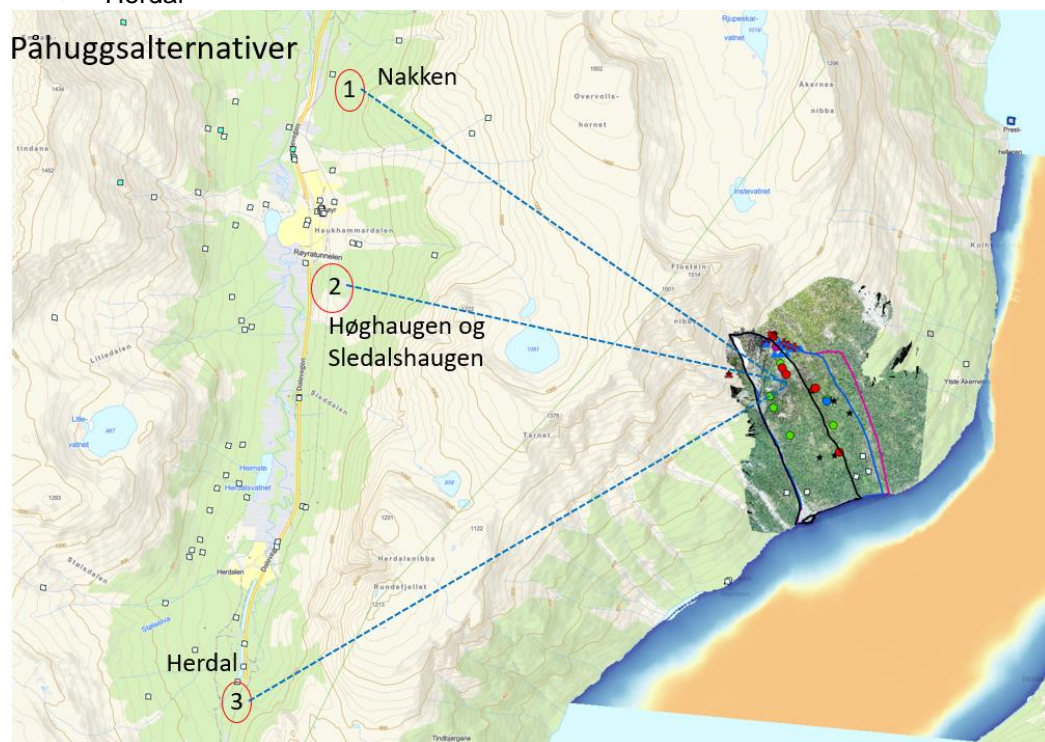
Kort beskrivelse: Prinsipp for løsning med dreneringshull fra overflaten i skredområdet ble lagt fram. Innledende idé er å ta utgangspunkt i eksisterende oppstillingsplasser for boring av hullene. Nødvendig lengde på hullene er foreløpig vurdert til ca. 260 m for å nå inn til dypeste glideplan 100 m under overflaten. Foreløpig antatt helning er ca. 10 grader.

Vurdering av alternativ: Alternativet har en rekke usikkerheter knyttet til anleggsgjennomføring, bl.a. atkomstforhold, arbeidsplattformer og boreutstyr. Videre må det påregnes «prøving og feiling» i arbeidet med å treffe vannførende lag, og lange hull kan gjøre dette arbeidet tidkrevende. Skredområdet beveger seg, og hullene vil være utsatte for deformasjon og må trolig vedlikeholdes forholdsvis ofte. Videre må dreneringsvannet ledes videre ut av skredområdet. NVE vurderer at dreneringshull kun er aktuelt i nedre delen av skredområdet. Her antas det å være lettere å bygge arbeidsplattformer og lettere å håndtere dreneringsvannet. I tillegg er sommersesongen lenger. **Løsning med dreneringshull i nedre del av skredområdet tas med til videre optimalisering.**

4.4 Alternative påhuggsplasseringer i Strandadalen

Kort beskrivelse: Fire alternativer for påhuggsområde ble lagt frem. Det er ikke foretatt befaring av områdene, og utførte vurderinger er derfor basert på studier av kartgrunnlag og tilgjengelig bildemateriale.

- Nakken
- Høgshaugen
- Sledalshaugen
- Herdal



Vurdering av alternativer: Alternativet med påhugg ved Herdal gir en (unødvendig) lang tunnel med medfølgende ekstra tunnelmasse som skal håndteres. Påhugget og ytre del av traseen ligger nær eksisterende vegtunnel og restriksjoner må påregnes. Videre er bergoverdekning på strekningen med overliggende urmasser i ytterste del av tunnelen usikker, og traseen har en ugunstig regning med tanke på mulig høye/anisotrope bergspenninger. Påhugget er i konflikt med den Trondhjemske postvegen samt en statlig sikret turveg (postvegen) mot Ljøbrekka. Fordelen med plasseringen er nærheten til allerede opparbeidede områder. Totalt sett vurderes måloppnåelse i forhold til vurderingskriteriene å være dårlig.


Påhuggsalternativet Herdal forkastes.

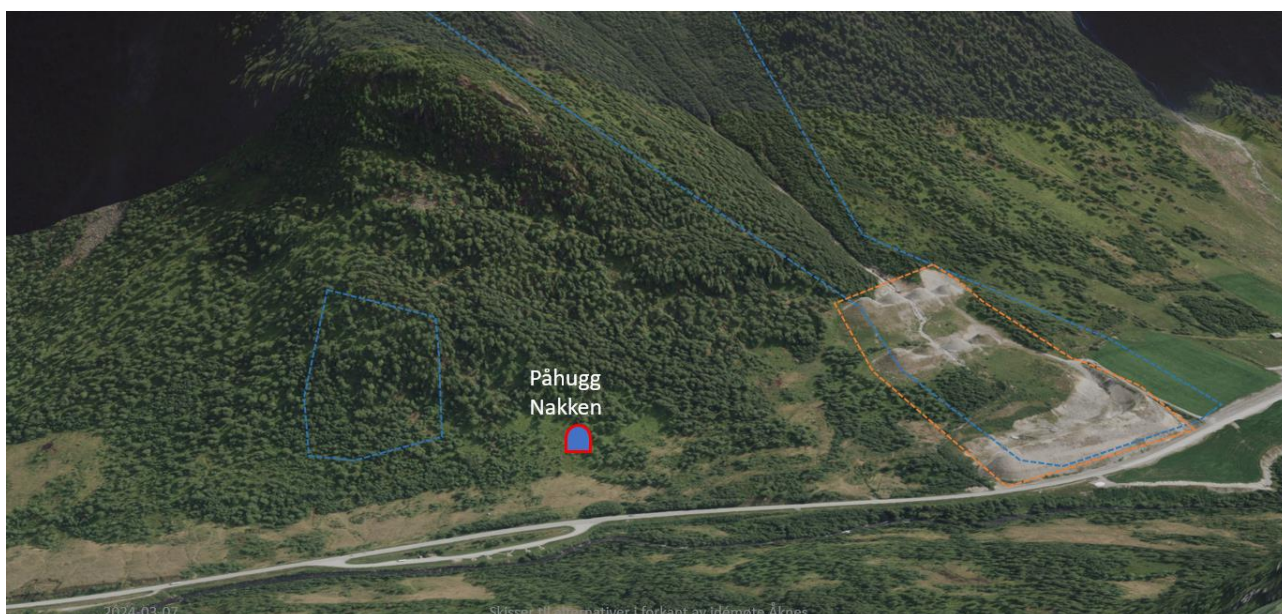
Forprosjekt Åknes drenering

Oppsummering av idémøte med NVE på Gardermoen 14.mars 2024

Oppdragsnr.: 52309571 Dokumentnr.: ADM-RAP-01 Revisjon: J02

De øvrige tre alternativer (Nakken, Høgshaugen og Sledalshaugen, se illustrasjoner på neste side) tas med for videre optimalisering. Det skal i første omgang utføres ingeniørgeologisk befaring/kartlegging og skredfarekartlegging i påhuggsområdene. Deretter gjennomføres konsekvensutredning av de alternativer som fortsatt vurderes å være relevante etter befaringen. Alternativet ved Høgshaugen ligger svært nær et gårdsbruk, og NVE ser ikke dette alternativ som aktuelt hvis eieren av gården ikke er positiv til tiltaket. NVE vil ta kontakt med grunneier dersom alternativet fremdeles vurderes som aktuelt etter befaring.

Nakken  Kjente snøskredhendelser  Skredsikring



Høgshaugen og Sledalshaugen

 Kjente snøskredhendelser

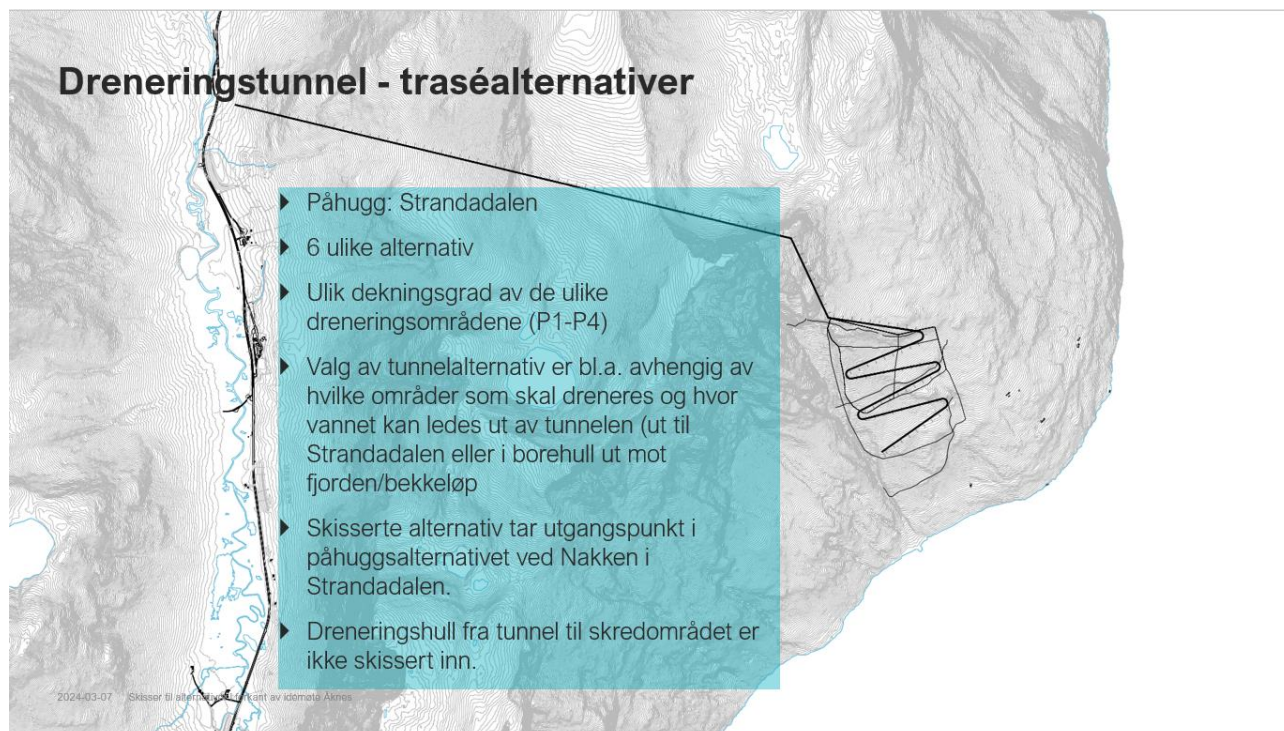
 Skredavsetning, men ikke registrert hendelser i NVE-atlas

 Skredsikring



4.5 Dreneringstunnel – alternativer i skredområdet

NO la frem 6 ulike alternativer til tunneltraseer i skredområdet. Alternativene er beskrevet i vedlagte presentasjon og tabell. Det ble presisert at det finnes utallige traseer og kombinasjoner av tunnel armer/tunnelkonsepter.



NVE ga i møtet tilbakemelding om at de ønsker at NO arbeider videre med et konsept som best oppfyller vurderingskriteriet «best mulig dreneringseffekt». Hvis det vurderes at en lengre tunnel gir bedre drenering skal det beste forslaget legges frem, men det er ønskelig at planen er mulig å realisere trinnvis.

NVE ga videre tilbakemelding om at kombinasjonen med dreneringsgrøfter på overflaten og dreneringstunnel med borehull opp til grøftene er interessant, og det er ønskelig om tunnelen kan planlegges slik at dette er mulig. Det ble også gitt innspill på at muligheten for å føre infrastruktur som strøm, kommunikasjon o.l. fra tunnel til overflaten av skredområdet kan være interessant for drift av installasjoner på overflaten.

NO vil arbeide videre med optimalisering av tunneltraseer ut fra tilbakemeldingene. I videre arbeid med optimalisering av tunneltraseer, vil tilrettelegging for trinnvis bygging og kombinasjon med andre tiltak være i fokus.

5 Oversikt over forkastede og videreførte alternativ

Under gis en oppsummering av hvilke alternativ som er forkastet (utstrøket tekst) og hvilke som er med videre. For tunneltraséalternativene er ingenting utelukket og ingenting forkastet, men NO skal arbeide videre med et konsept som oppfyller tilbakemeldingene fra NVE beskrevet i kapittel 4.5. Dette kan bli en kombinasjon av de hittil beskrevne løsningene, eller en videreutvikling av et eller flere alternativer.

Navn på alternativ	Beskrivelse	Dreneringsområde
Avskjæring – mur – lang	Murløsning Sweco, ledevegg på overflaten	Overflatevann oppstrøms baksprekk
Avskjæring – mur og rør – flere	To ulike løsninger – Multiconsult: 1 – To grøfter med drenerør i løsmassene plassert i flatere terreng + utvidet bekkeløp 2 – Tilsvarende plassert som Sweco sin løsning, men muren er høyere og forlenget.	Overflatevann oppstrøms baksprekk
Avskjæring - fjellgrøfter - drenering øst	Grøfteløsning under fjelloverflata med drenering mot øst - Norconsult	Overflatevann og ev. overflatenært grunnvann oppstrøms baksprekk
Avskjæring - fjellgrøfter - drenering øst og tunnel	Grøfteløsning under fjelloverflata med drenering mot øst og drenering til tunnel - Norconsult	Overflatevann og ev. overflatenært grunnvann oppstrøms baksprekk
Dreneringshull-prinsipp	Boring av dreneringshull fra overflaten på stigning inn i skredområdet. I utgangspunktet benytte eksisterende boresteder/plattformer.	
Påhugg-Nakken	Samme område som tidligere er sett på av B.Moen (2008) og NGI (2020).	
Påhugg-Høgshaugen	Sør for Røyratunnelen, rett i bakkant av gårdsbruk.	
Påhugg-Sledalshaugen	Sør for Røyratunnelen, ca. 400 m sør for gårdsbruket.	
Påhugg-Herdal	Foreslått område ligger i overkant av påhugg til eksisterende bergtunnel.	
Tunnel-øvre vestre del på stigning	Tunnel til øvre vestre del (NGI-alternativet), tunneltrasé på stigning	Vestre del av P2, deler av P1
Tunnel-baksprekk fra vest	Tunnel langs baksprekkområdet fra vest med fall. Traseen går på stigning til baksprekkområdet, deretter på synk langs baksprekk.	P1 baksprekkområdet, ev. tilleggsarm for P2
Tunnel-baksprekk fra øst	Tunnel langs baksprekkområdet fra øst med stigning. Tunneltrasé på stigning hele lengden.	P1 baksprekkområdet, ev. tilleggsarm for P2
Tunnel-vestre og baksprekk	Tunnel til vestre del med arm til baksprekkområde. Tunneltraseer på stigning.	P1 og P2
Tunnel-hårnålsvinger	Tunnel med hårnålsvinger nedover i skredområdet. Tunneltrasé på stigning til skredområdet, deretter på synk (1:7)	Hele området (P4)
Tunnel-hårnålsvinger fra midt	Første del fra Strandadalen på stigning, deretter på synk ned mot midten av skredområdet. En tunnelarm med hårnålsvinger videre nedover skredområdet og en tunnelarm med hårnålsvinger oppover skredområdet.	Hele området (P4)

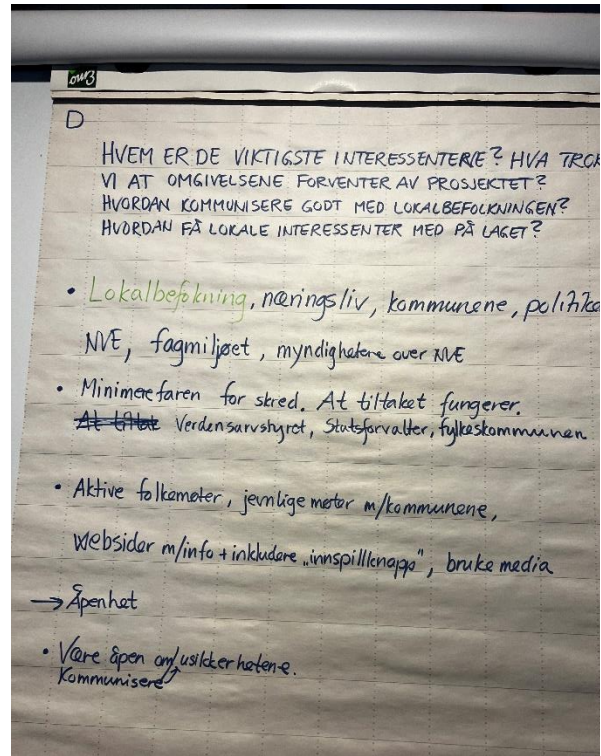
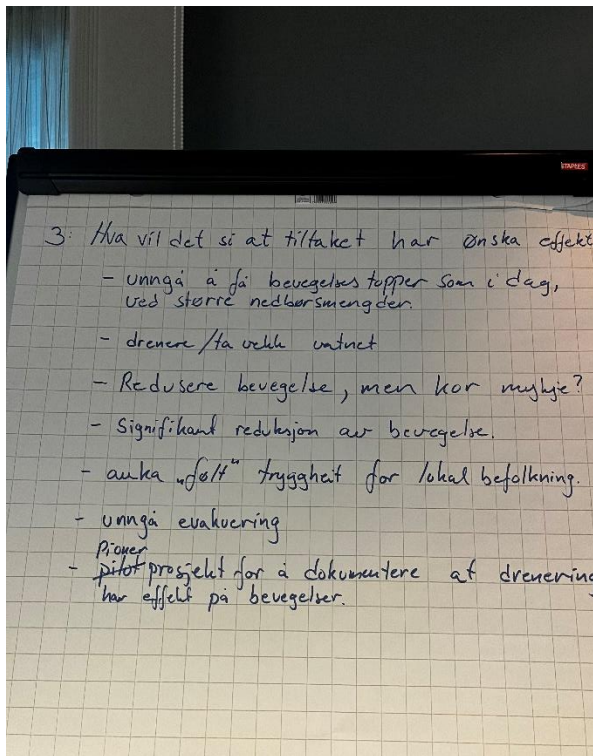
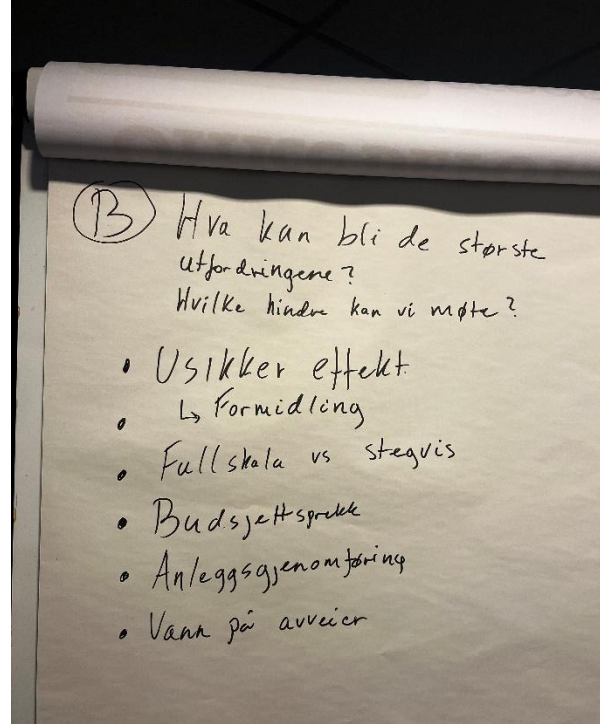
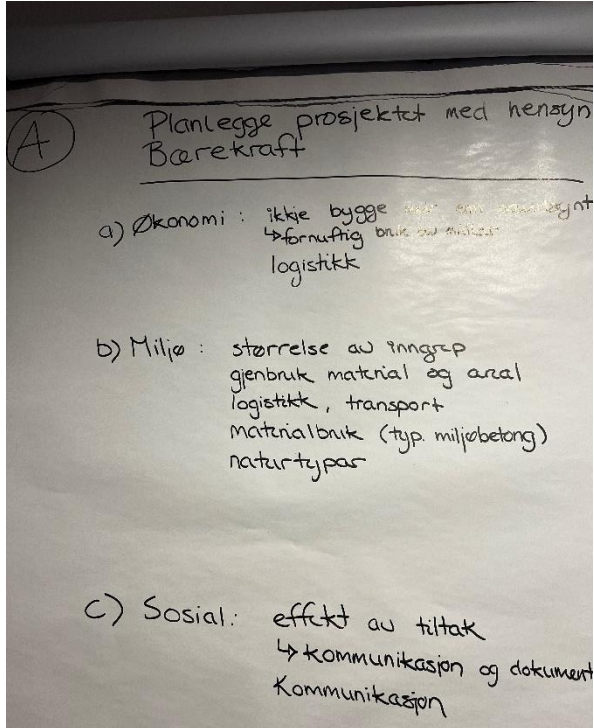
6 Gruppearbeid

Fire spørsmål ble diskutert nærmere i et gruppearbeid etter «Round-Robin»-metoden. De fire spørsmålene som ble diskutert var følgende:

- A. Hvordan kan vi planlegge dette prosjektet med hensyn til bærekraft? Tenk:
 - a) Økonomisk bærekraft
 - b) Miljømessig bærekraft (husk både arealbeslag, avrenning, massehåndtering mm.)
 - c) Sosial bærekraft (påvirkning av 3. part, trygghetsfølelse etc).
- B. Hva kan bli de største utfordringene? Hvilke hindre kan vi møte?
- C. Hva vil det si at tiltaket har *ønsket effekt*?
- D. Hvem er de viktigste interessentene? Hva tror vi at omgivelsene (innbyggere i berørte kommuner, politikere, regionale myndigheter, turistnæringen etc.) forventer av prosjektet? Hvordan kommunisere godt med lokalbefolkning? Hvordan få lokale interessenter med på laget?

To av deltakerne hadde ansvar for å intervjuer de andre om spørsmål A, to andre hadde samme ansvar i forhold til spørsmål B, to hadde ansvar for spørsmål C og to for spørsmål D. De med spørsmål A skulle intervju hver sin med spørsmål B i 5 minutter, og etterpå skulle B intervju A i 5 minutter i forhold til sitt spørsmål. Runden fortsatte slik til at alle med spørsmål A hadde fått snakket med en deltaker med henholdsvis spørsmål B, C, og D. Etter økta med intervjuene oppsummerte de ulike gruppene i fellesskap de svarene hver enkelt hadde fått inn på sitt spørsmål. Svarene ses av bildene under, og oppsummering er gjengitt i de neste avsnittene.





6.1 Hvordan planlegge med hensyn til bærekraft?

Prosjektgruppa er oppmerksomme på utfordringen knyttet til miljømessig og økonomisk bærekraft i forhold til omfanget av tiltaket. Jo lenger tunnel jo dårligere CO₂-regnskap og jo mer masse å håndtere. Utfordringen med å beregne/anslå forventet effekt av tiltaket ble gjentakende ganger diskutert i det 7 timers lange møtet. Utfordringen er at man først vet effekten flere år etter etablering. Trinnvis utbygging blir vurdert som løsningen ift. kost(omfang)/nytte.

Med hensyn til sosial bærekraft vil opplevelsen av trygghet blant innbyggerne rundt Storfjorden være en viktig parameter, men også dette er en parameter som er vanskelig å måle. Det ble diskutert at den økte oppmerksomhet rundt det ustabile fjellpartiet kan øke usikkerhet og frykt hos befolkningen, og ikke nødvendigvis skape mer trygghet.

6.2 Forventede utfordringer og hindre

Å formidle usikkerheten knyttet til effekt; både over for øvrige myndigheter, i forhold til politikere, lokalbefolkningen og ikke minst; i forhold til de som i siste ende skal bevilge penger til bygging; blir en stor utfordring. Anleggsgjennomføring blir også vurdert til å være en utfordring, og er noe som NO må ha stort fokus på i sitt arbeid med utvikling av konsept. Det er videre viktig å ikke skape andre problemer nye steder/flytte problemer; som f.eks. vann på avveie. Kost/nytte og kostnader vil også være en utfordring, og en plan som er mulig å bygge ut trinnvis er som nevnt tidligere å foretrekke.

6.3 Hva vil det si at tiltaket har ønsket effekt?

Det er enighet om at det er krevende å vurdere og beregne om tiltaket er forventet å få ønsket effekt; især når forventet effekt ikke er et fastsatt målbart tall/parameter. Det er enighet om at beste parameter er å redusere den økte bevegelsen som er i fjellpartiet i dag i perioder med mye nedbør. Hvor mye bevegelsen skal reduseres er ikke fastsatt, men det var enighet om at reduksjonen i bevegelsen bør være signifikant.

Videre er det et mål for prosjektet at innbyggerne rundt Storfjorden skal oppleve større grad av trygghet, men prosjektet kan potensielt får motsatt effekt, jf. beskrivelsen i delkapittel 6.3 pga. økt oppmerksomhet rundt dagens risiko.

Det er et mål å unngå evakuering, med de ulemper, konsekvenser og kostnader det medfører.

6.4 Interessenter og omgivelser

Interessentene for prosjektet er identifisert å være lokalbefolkningen, kommunene (med alle kommunens funksjoner og ansvar), næringslivet, NVE selv samt øvrige regionale myndigheter, verdensarvstyret, verneområdestyret, turistnæringen m.fl.

Kommunikasjon og dialog vil være viktig i det videre arbeidet. Gode nettsider, og mulighet for å komme med innspill. Åpenhet og ærlighet vurderes som en suksessfaktor.



Presentasjon til idémøte Åknes 14.03.2024

Med skisser til alternativer som oversendt til NVE 07.03.2024

Mål med møtet

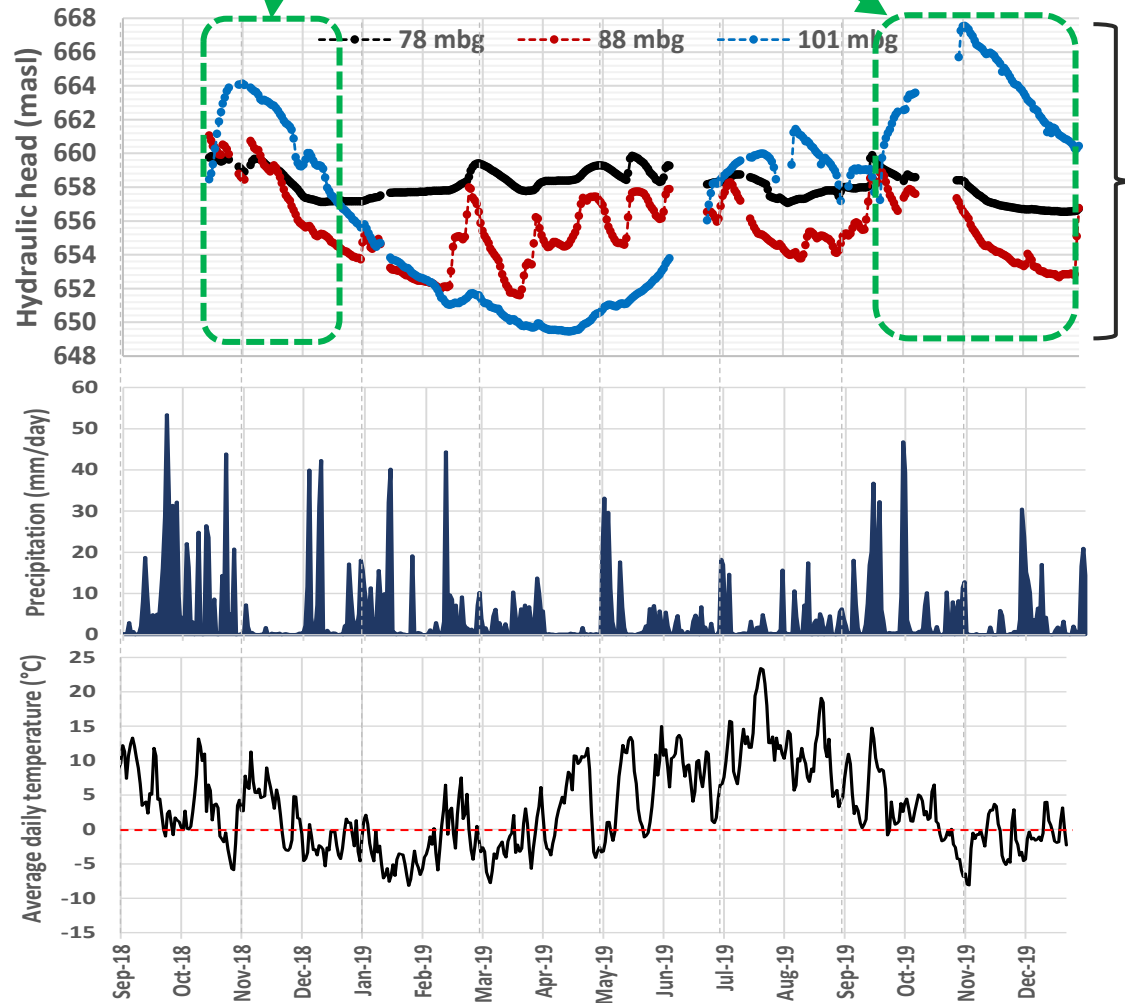
1. Gjennomgang av tidligere foreslått løsninger + vise nye ideer fra Norconsult.
2. Få fram alle alternativer/ideer som NVE har tenkt på før forprosjektet startet.
3. Kommunikasjon i fellesskap om tilbakemeldinger til de ulike alternativene.
4. Begrense antall alternativer vi skal ta med videre i fase 1-vurderingene (f.eks. testing i grunnvannsmodellen).

Tabell med oversikt over alternativer

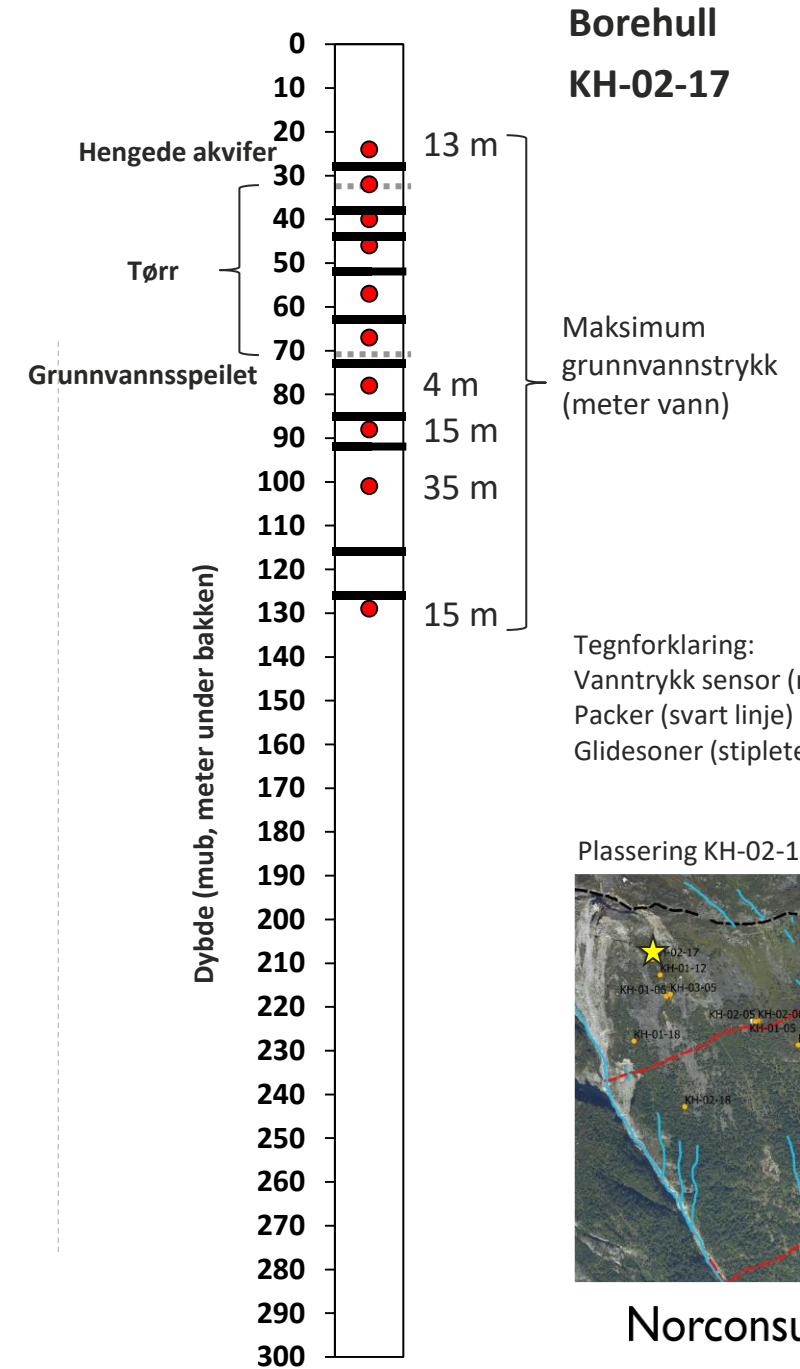
Navn på alternativ	Beskrivelse	Dreneringsområde
Avskjæring – mur – lang	Murløsning Sweco, ledevegg på overflaten	Overflatevann oppstrøms baksprekk
Avskjæring - mur og rør - flere	To ulike løsninger - Multiconsult: 1 – To grøfter med drenerør i løsmassene plassert i flatere terreng + utvidet bekkeløp 2 – Tilsvarende plassert som Sweco sin løsning, men muren er høyere og forlenget.	Overflatevann oppstrøms baksprekk
Avskjæring - fjellgrøfter - drenering øst	Grøfteløsning under fjelloverflata med drenering mot øst - Norconsult	Overflatevann og ev. overflatenært grunnvann oppstrøms baksprekk
Avskjæring - fjellgrøfter - drenering øst og tunnel	Grøfteløsning under fjelloverflata med drenering mot øst og drenering til tunnel - Norconsult	Overflatevann og ev. overflatenært grunnvann oppstrøms baksprekk
Dreneringshull-prinsipp	Boring av dreneringshull fra overflaten på stigning inn i skredområdet. I utgangspunktet benytte eksisterende boresteder/plattformer.	
Påhugg-Nakken	Samme område som tidligere er sett på av B.Moen (2008) og NGI (2020).	
Påhugg-Høgshaugen	Sør for Røyratunnelen, rett i bakkant av gårdsbruk.	
Påhugg-Sledalshaugen	Sør for Røyratunnelen, ca. 400 m sør for gårdsbruket.	
Påhugg-Herdal	Foreslått område ligger i overkant av påhugg til eksisterende bergtunnel.	
Tunnel-øvre vestre del på stigning	Tunnel til øvre vestre del (NGI-alternativet), tunneltrasé på stigning	Vestre del av P2, deler av P1
Tunnel-baksprekk fra vest	Tunnel langs baksprekkområdet fra vest med fall. Traseen går på stigning til baksprekkområdet, deretter på synk langs baksprekk.	P1 baksprekkområdet, ev. tilleggsarm for P2
Tunnel-baksprekk fra øst	Tunnel langs baksprekkområdet fra øst med stigning. Tunneltrasé på stigning hele lengden.	P1 baksprekkområdet, ev. tilleggsarm for P2
Tunnel-vestre og baksprekk	Tunnel til vestre del med arm til baksprekkområde. Tunneltraseer på stigning.	P1 og P2
Tunnel-hårnålsvinger	Tunnel med hårnålsvinger nedover i skredområdet. Tunneltrasé på stigning til skredområdet, deretter på synk (1:7)	Hele området (P4)
Tunnel-hårnålsvinger fra midt	Første del fra Strandadalen på stigning, deretter på synk ned mot midten av skredområdet. En tunnelarm med hårnålsvinger videre nedover skredområdet og en tunnelarm med hårnålsvinger oppover skredområdet.	Hele området (P4)

Tolkning grunnvanns tidsserier

Hydraulisk høyde er høyere enn hydrostatisk fra oktober til desember



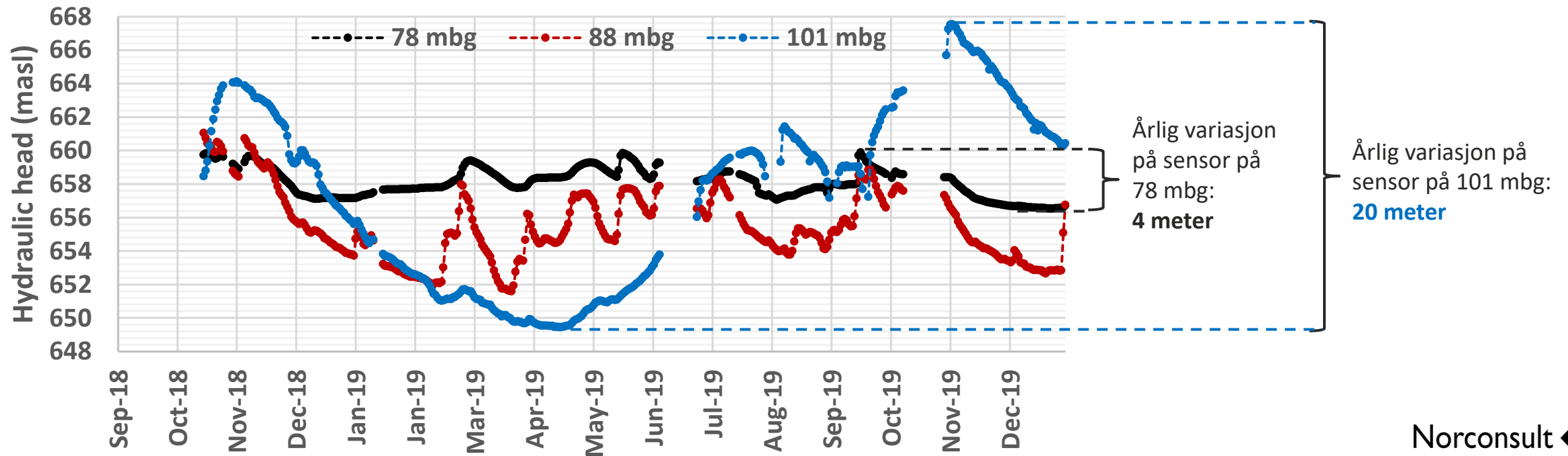
Årlig variasjon (maks. – min.) på sensor på 101 mbg: **20 meter**



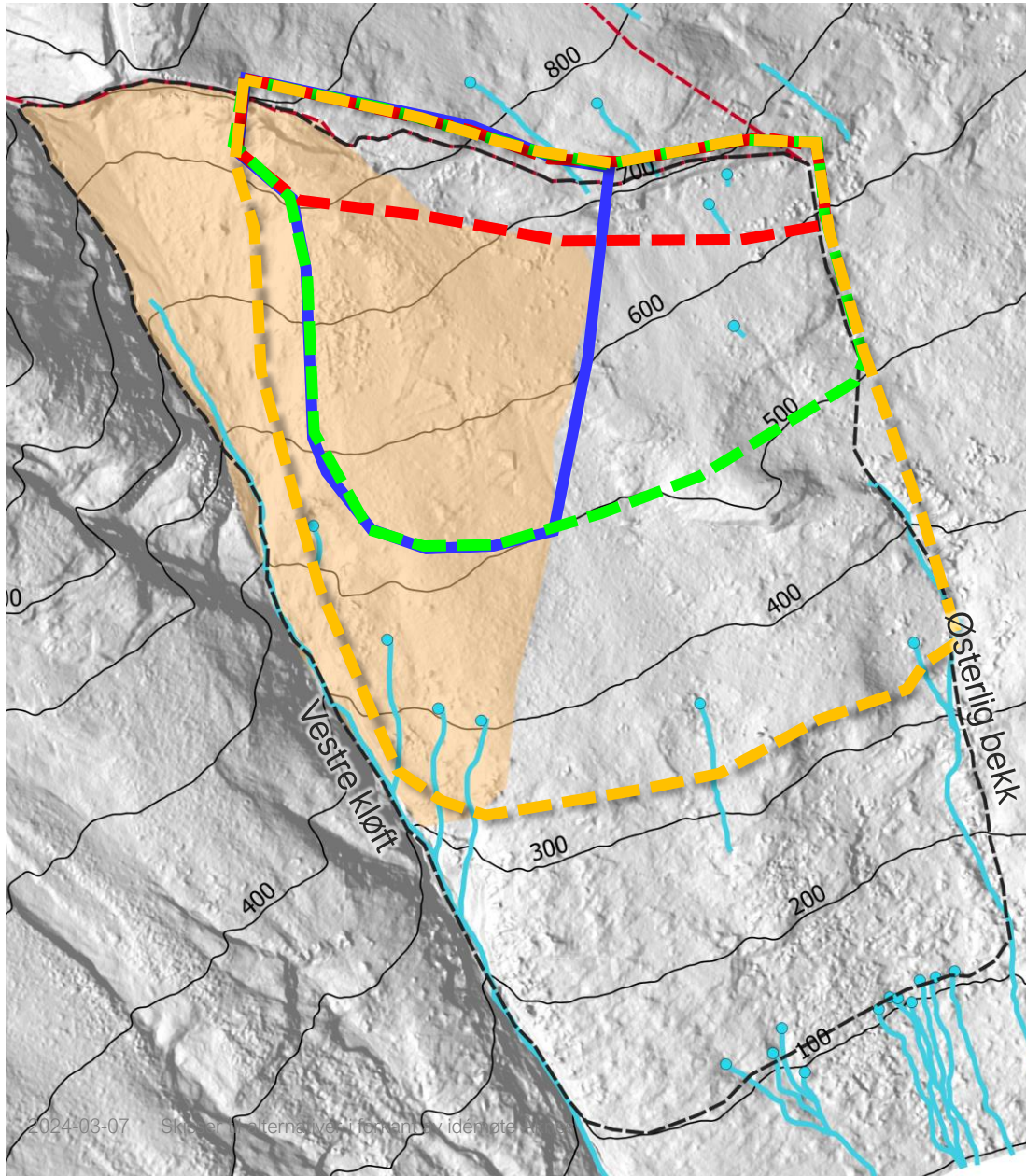
Tolkning grunnvanns-tidsserier

Tidsserier for grunnvannsstand i de 6 åpne borehullene og 4 multi-piezometerne viser at i den vannmettete sone av fjellpartiet:

- De **grunne sprekkene**, nær grunnvannsspeilet (åpen akvifer) reagerer relativt raskt på nedbør/snøsmelting, men **årlig variasjon på grunnvannsstand er relativt lav, ca. 4 meter**
- **Sprekkene som er dypere enn 90 meter** (lukket akvifer) reagerer ikke så raskt på nedbør/snøsmelting, men **årlig variasjon på grunnvannsstand er relativt høy, ca. 20 meter**



Områder for drenering av grunnvann



Prioritering:

- - - P1 (baksprekkområdet)
- P2 (vestre del av baksprekkområdet og området med høyeste registrert årlig variasjon av grunnvannstand og med høyeste registrerte bevegelse)
- - - P3 (øverst del av skredområdet, inkl. baksprekkområdet)
- - - P4 (øverst del av skredområdet ned til ca. kote 320 moh., inkl. baksprekkområdet, og området med høyeste registrert årlig variasjon av grunnvannstand og med høyeste registrerte bevegelse)

Kriterier for etablering av områdene hvor dreneringshull bør ende:

- a) Drenering av grunnvann i skredområdet er foretrukket i øvre del av skredområdet, inkl. baksprekk, fordi dette er hovedinnstrømningsområdet for grunnvann.
- b) Drenering av grunnvann i det øverste del av skredområdet forventes å medføre en reduksjon av grunnvannets hydrauliske gradient og reduksjon av grunnvannstrømningshastighet
- c) Vi foretrekker å ikke drenere grunnvann i den laveste del av skredområdet fordi dette kan medføre økning i grunnvannets hydrauliske gradient, noe som medfører økt grunnvannstrømningshastighet. Høyere grunnvannstrømningshastighet kan medføre økt skredbevegelse og «rock fall»
- d) Registrerte bevegelser i nederste del av skredområdet er veldig lav til null (KH-04-05, KH-03-06). I tillegg er fotsonen et utstrømningsområdet for grunnvann, hvor de fleste grunnvannskildene ligger.
- e) Mht. pkt. a) til d) vurderes som ikke nødvendig å drenere grunnvann nedstrøms ca. kote 320 moh.
- f) Den vestre kløften er et utstrømningsområdet for grunnvann, hvor grunnvannet dreneres naturlig gjennom kilder. Derfor er det også vurdert som ikke nødvendig å drenere grunnvann langs bunnen av kløften.

Alternativer for avskjæring av overflatevann oppstrøms baksprekk

Avgrensning og sikkerhetsavstand i innledende fase

- ▶ I forbindelse med modellering i innledende fase er det benyttet en avgrensning av skredområdet i dybden på 100 m og sikkerhetsavstand ift. tunnelsprengning 60 m
- ▶ Vurderingen er forenklet og er basert på identifiserte skjærsoner i borehull (fig. 33 i NVE rapport 22/2021), hvor det er identifisert bevegelser/skjærsoner ned til +/-100 m i tre borehull. Vi har også sett på tidligere vurderinger (fig. 2 i Sena og Braathen 2021). Sikkerhetsavstanden er skjønnsmessig vurdert basert på NGI sin innledende vurdering av estimerte vibrasjoner fra sprengning, og vi legger oss på samme avstand som dem. Dette er å betrakte som et utgangspunkt, og det vil være aktuelt å endre/detaljere avgrensningene i videre arbeider.

Avskjæring - lang mur Sweco

Mange usikkerheter. Lengden er 480 m. Snitthøyde 0,8 meter. Ledevegg er ikke dimensjonert for skred. Ingen fundamentering beskrevet.



Figur 1 - Forutsatt tverrsnitt

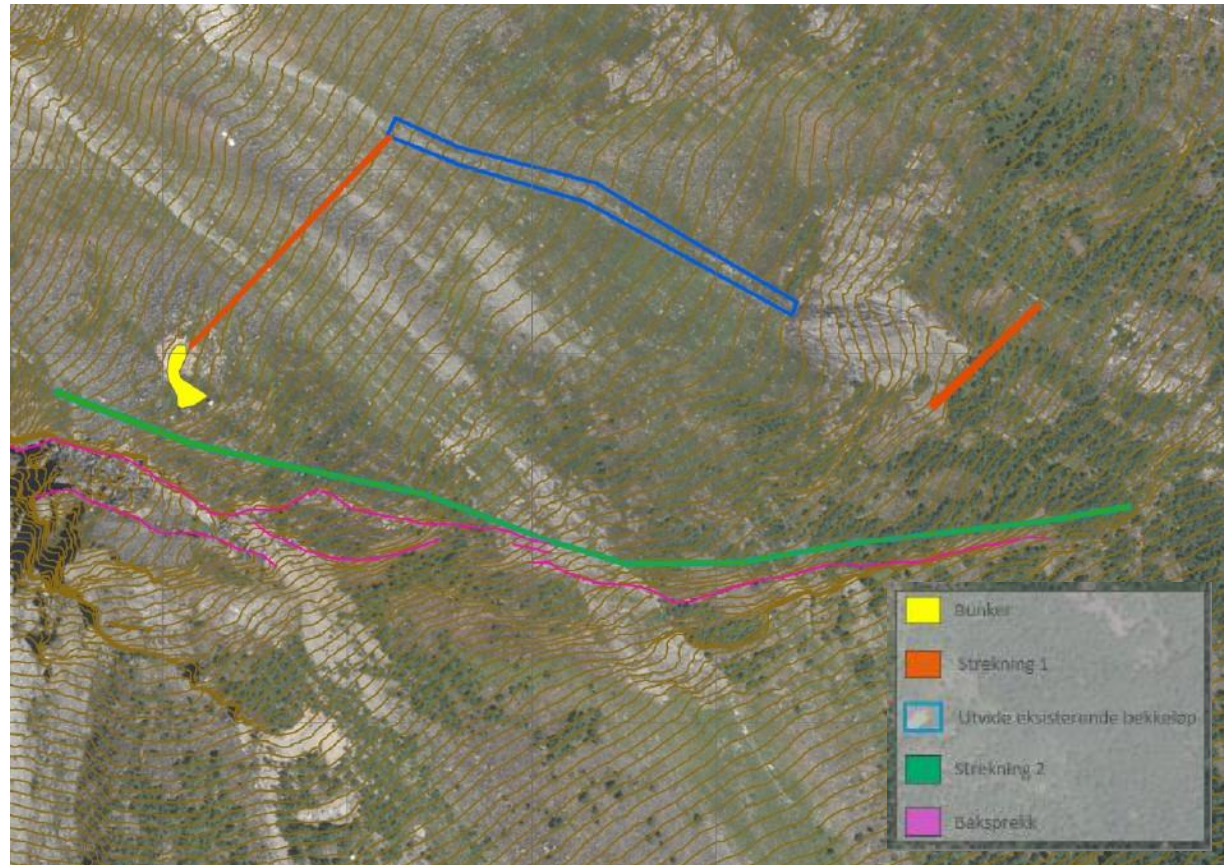
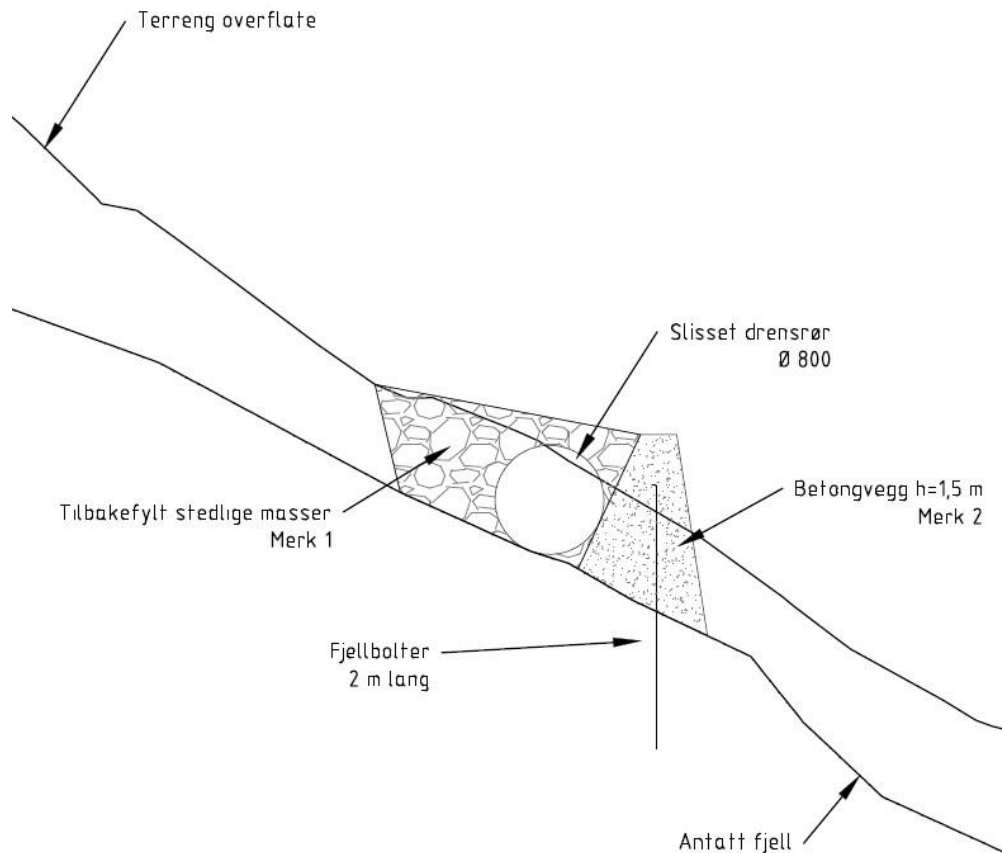


Figur 2 – Oversikt, sett fra sørøst

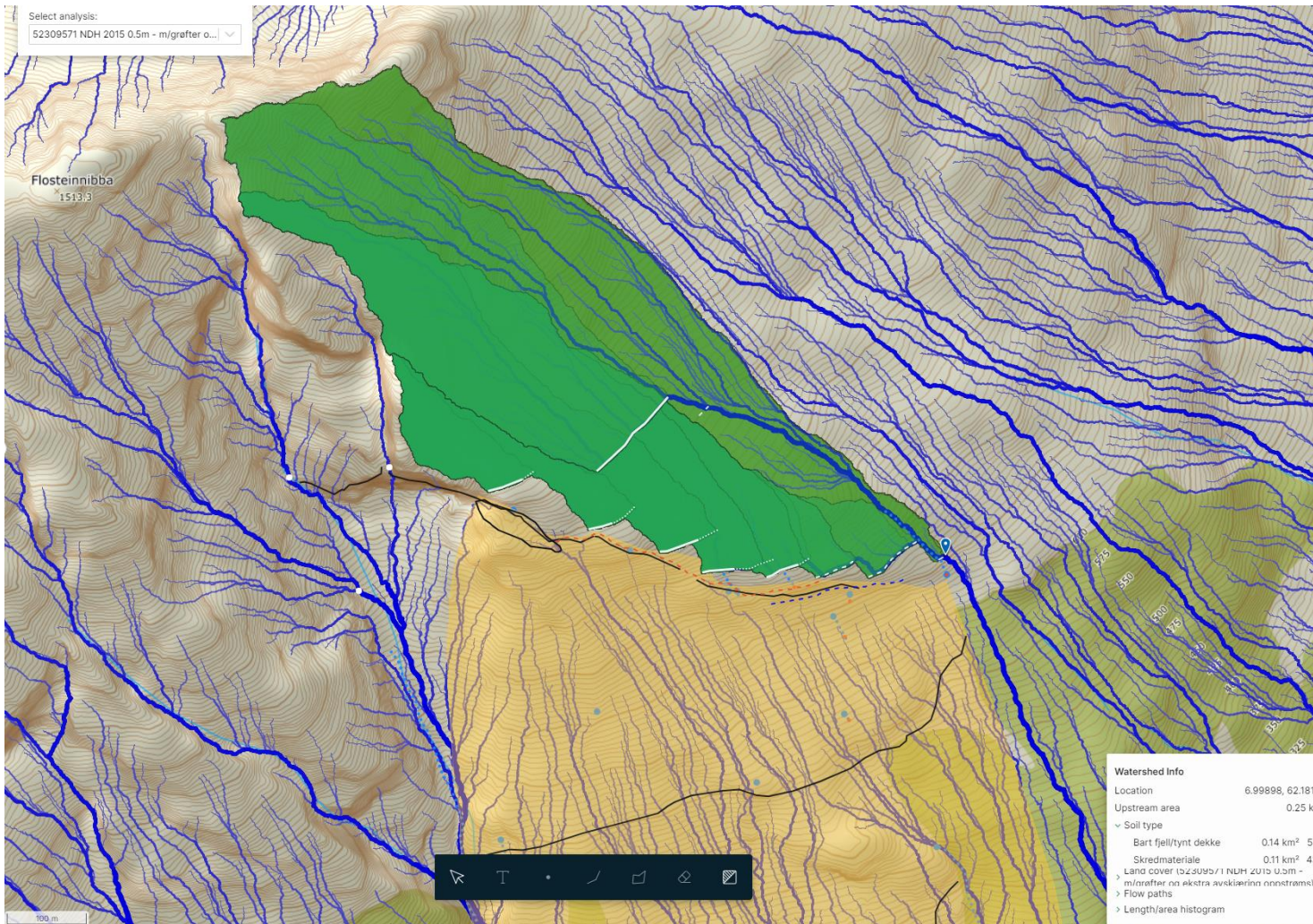
Avskjæring - mur og rør - en eller flere Multiconsult

Dreneringsgrøfter på overflaten med drenerør og stedlige masser, mur i bakkant. To løsninger med samme prinsipp som kan kombineres:

- 1) To grøfter plassert i flatere terreng + utvidet bekkeløp (160 m grøft + ca. 200 m utvidet bekkeløp + 80 m grøft).
- 2) Tilsvarende plassert som Sweco sin løsning, men muren er høyere og forlenget 120 m til 600 m.



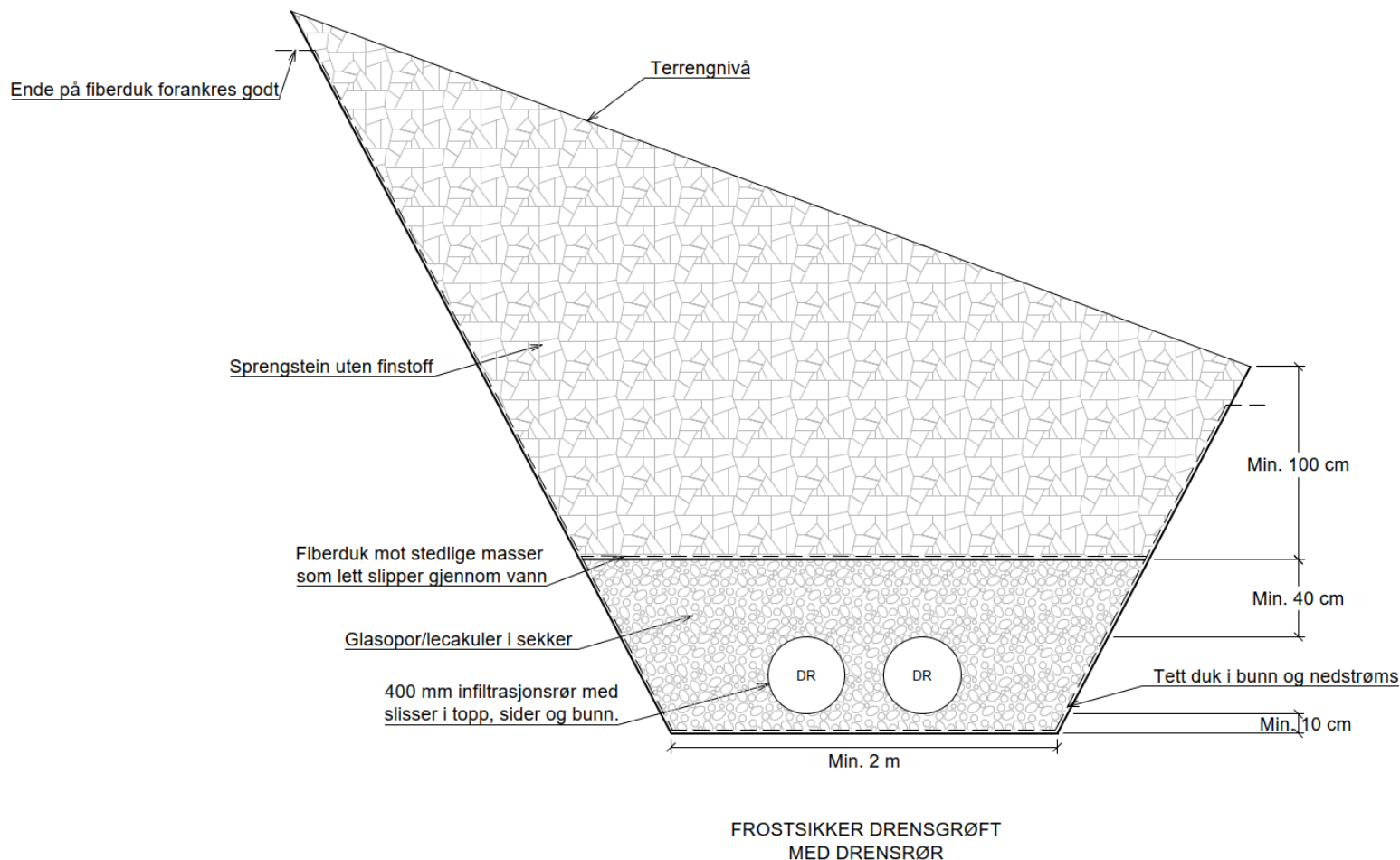
Avskjæring-grøft-drenering øst med og uten drenering ned til tunnel Norconsult



- ▶ Alternativ løsning for drenering av overflatevann og overflatenært grunnvann oppstrøms baksprekken.
- ▶ Overvann og grunnvann nær overflaten fanges opp via flere "korte" fjellgrøfter (50 – 100 m) og ledes vekk fra baksprekken. Mulig med en eller flere litt lengre grøfter oppstrøms (som vist).
- ▶ Stor fordel med dreneringshull ned til en dreneringstunnel. Da blir bl.a. nedbørsfeltene til de ulike avskjæringsgrøftene mye mindre.
- ▶ "Fleksibel" løsning der eksakt plassering av grøfter bestemmes etter feltbefaring.
- ▶ Lite/minimalt synlige

Avskjæring-grøft-drenering øst med og uten drenering ned til tunnel:

Prinsippskisse til avskjæringsgrøft Norconsult



- ▶ Utføres ved sprenging og pigging i bergoverflaten.
- ▶ Hele grøfta ligger under bergoverflata. Tettes i bunn og mot nedstrøms
- ▶ Skjermet for skred.
- ▶ Grov sprengstein i toppen gjør den robust og overflatevann drenerer lett ned i grøfta.
- ▶ Frostsikker drenering.
- ▶ Liten fare for finstoff inn til drensrørene og ev. borhull.
- ▶ Sannsynligvis lite behov for drift og vedlikehold

Potensiale for avskjæring av vann oppstrøms baksprekken

- ▶ Maks oppstrøms areal: 25 ha
- ▶ Minimum oppstrøms areal: 13 ha
- ▶ Dreneringsareal til lengste grøft: 6,2 ha
- ▶ Dreneringsareal til de korte grøftene: 1-2 ha

- ▶ Flomberegning (spissflom): $q_{200} + k_{lf} \sim \underline{200 \text{ l/s}\cdot\text{ha}}$
- ▶ Flomberegning (døgnverdi): $q_{200} + k_{lf} \sim \underline{20 \text{ l/s}\cdot\text{ha}}$
- ▶ Kapasitet på ett 400 mm drensør (90% fyllingsgrad)
 - med 1% helning $\sim 260 \text{ l/s}$
 - med 10% helning $\sim 840 \text{ l/s}$
- ▶ Kapasitet på ev. 300 mm drenshull til tunnel:
 - med 30% helning $\sim 680 \text{ l/s}$
 - Med 60% helning $\sim 960 \text{ l/s}$

- ▶ Nedbør (uten klimapåslag):

- 1 time: $P_{200} \sim 37 \text{ mm}$
- 1. døgn: $P_{200} \sim 150 \text{ mm}$

Gjennomsnittlig nedbør i mm:

	Døgn	Mnd	Periode
Vinter	8	240	720
Vår	6	180	540
Sommer	6	180	540
Høst	10	300	900

$P_N \sim 2.800 \text{ mm} / 28.000 \text{ m}^3/\text{ha}$ i året

- Snøsmelting:

- 1. døgn: størst observert/modellert $\sim 40 \text{ mm}$

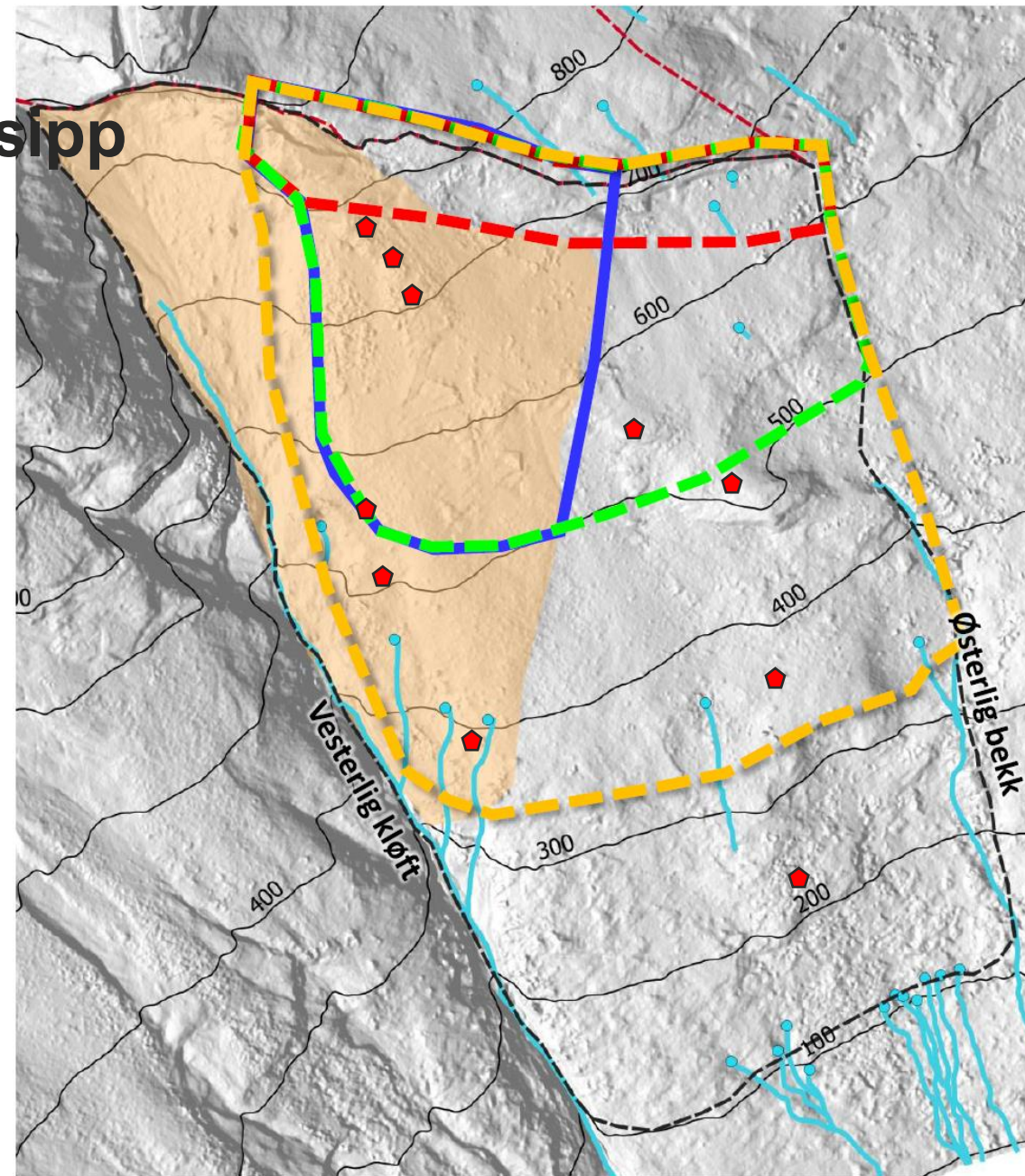
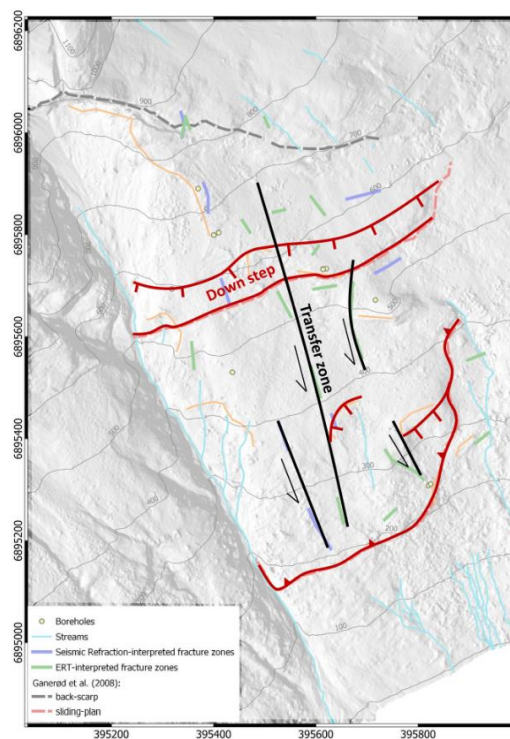
Dreneringshull fra overflaten

Dreneringshull fra overflaten - prinsipp

- ▶ Plasseringer: utgangspunkt i eksisterende oppstillingsplasser for boring.
- ▶ Omtrentlig plassering vist i kartet med rød femkant, sammen med områdene P1, P2, P3 og P4.

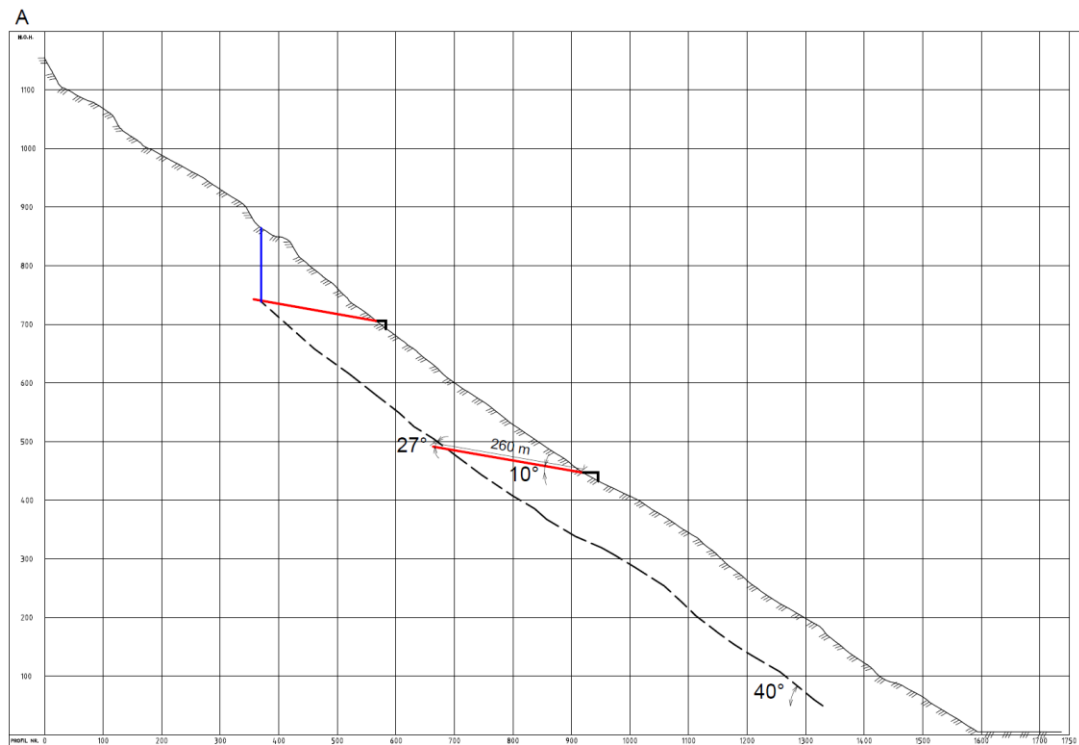


Figur 11 (fra Sena og Braathen 2020) viser subvertikale hovedstrukturer (røde linjer) som er tolket å være viktig i grunnvannsstrømning- og lagring ved Åknes. Dette vil være relevant ifm. vurdering om hvor man kan forsøke plassere dreneringshullene.

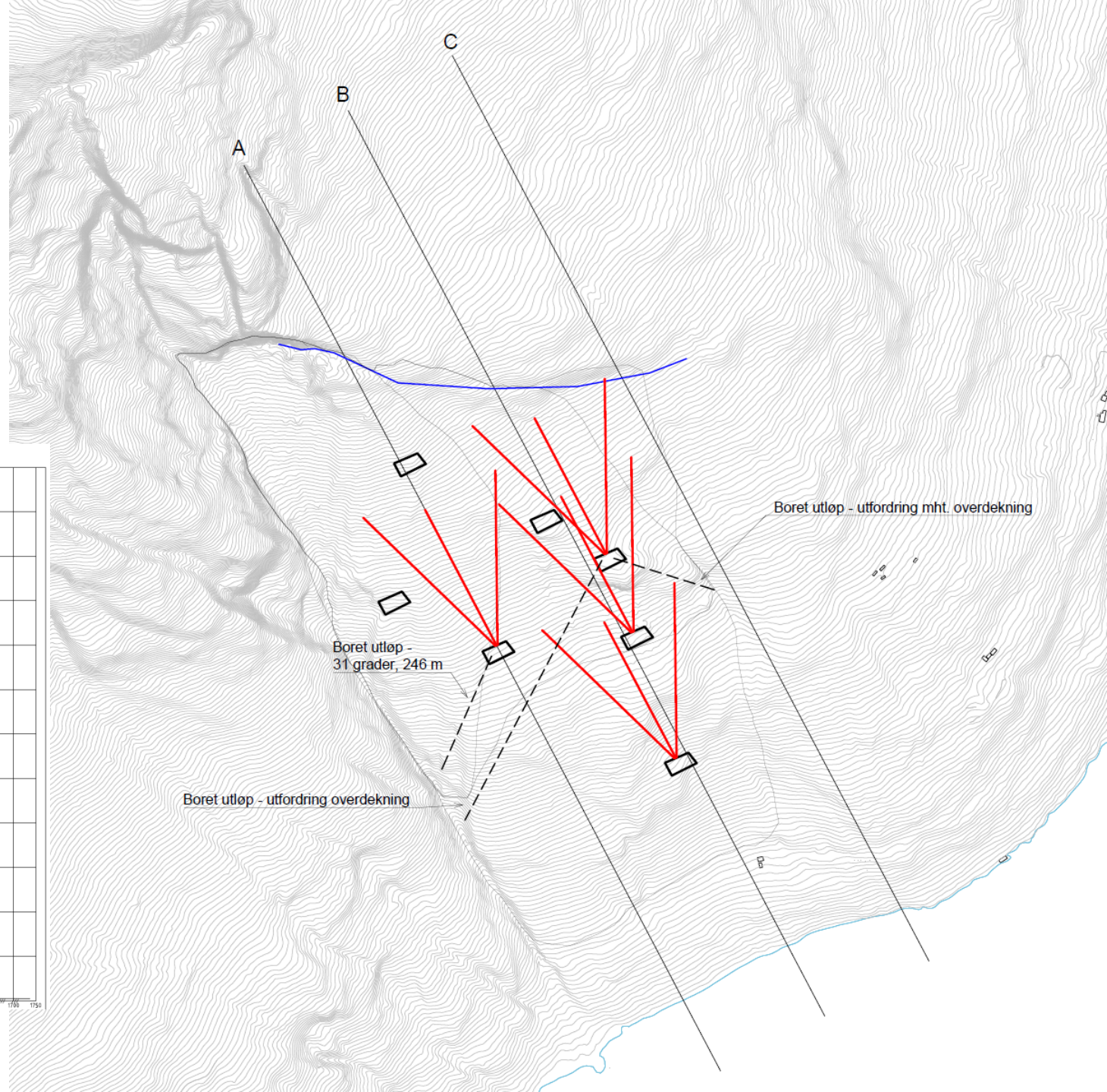


Dreneringshull - prinsipp

- ▶ Borehull: 10 graders vinkel, 260 meter lengde
- ▶ Videre drenering i borehull, ev. utslipp direkte i terrenng avhenger av vannmengde.

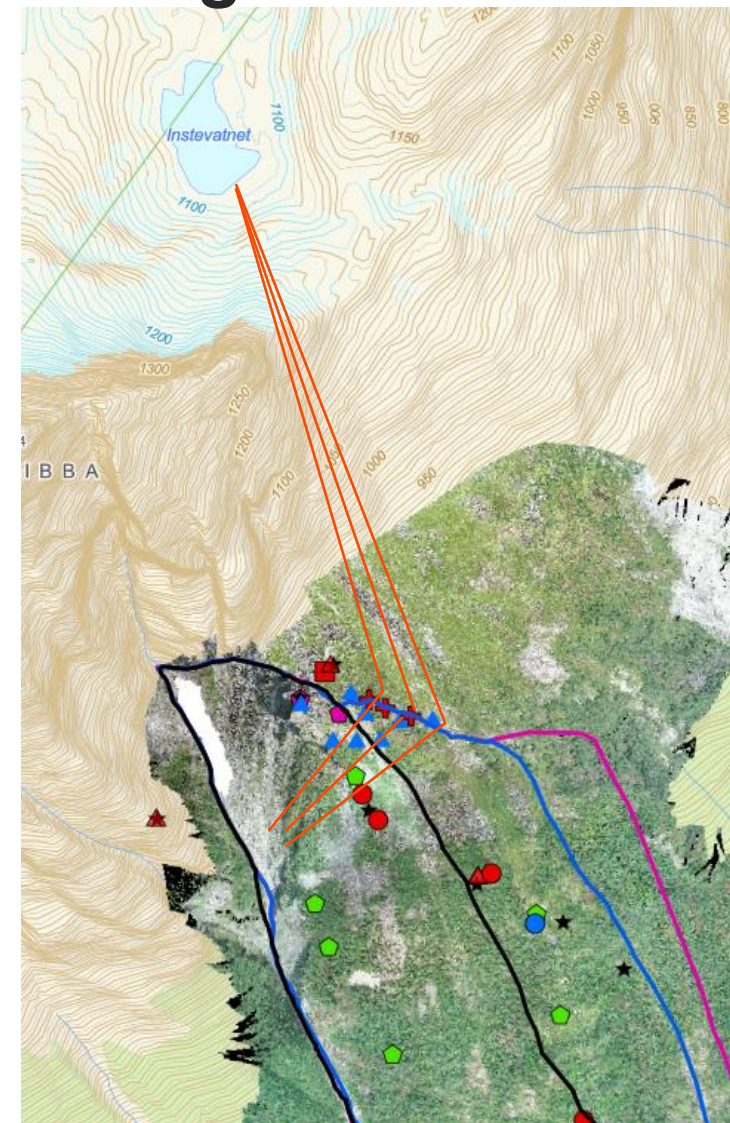


2024-03-07 Skisser til alternativer i forkant av idémøte Åknes



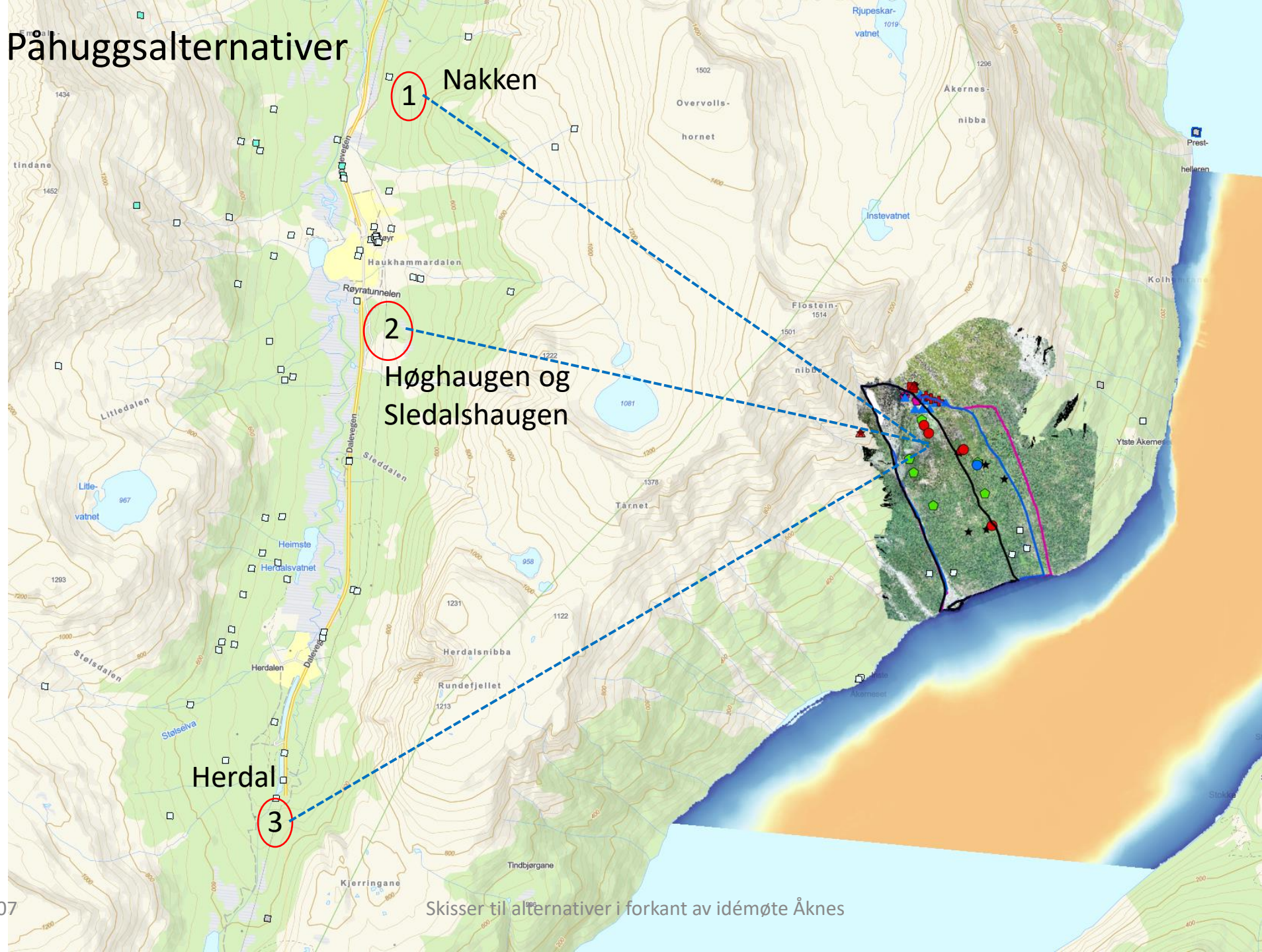
Dreneringshull fra overflaten - overordnet vurdert og forkastet

Retningsstyrt boring fra Instevatnet til vestre kløft med opprømming tilbake til baksprekk	<p>Vurdert å være svært stor usikkerhet knyttet til gjennomføring og effekt av drenering.</p> <ul style="list-style-type: none">• Lange traseer (over 1000 m): Stor grunnforholdsrisiko (sannsynlighet for påtreffing av dårlig berg/vann som kan være vanskelig å håndtere), stor usikkerhet knyttet til gjennomførbarhet/selve metoden mht. boreutstyr, opprømming ved disse lengdene.• Effekt av drenering: Behov for flere (lange) hull, boreretning i skredområdet med liten vinkel ift. glideplan/hovedsprekkeretning.• Drenering i baksprekk kun lokalt rundt hullet.
Boring fra vestre side av vestre kløft	Ikke aktuelt pga. topografi (ingen overdekning i kløfta), sannsynligvis steinsprangfare ved boresteder også der.
Boring fra vestre kløft	Ikke gjennomførbart mht. arbeidssikkerhet.



Alternative påhuggsplasseringer i Strandadalen

Påhuggsalternativer



1 Nakken

2 Høghaugen og Sledalshaugen

3 Herdal

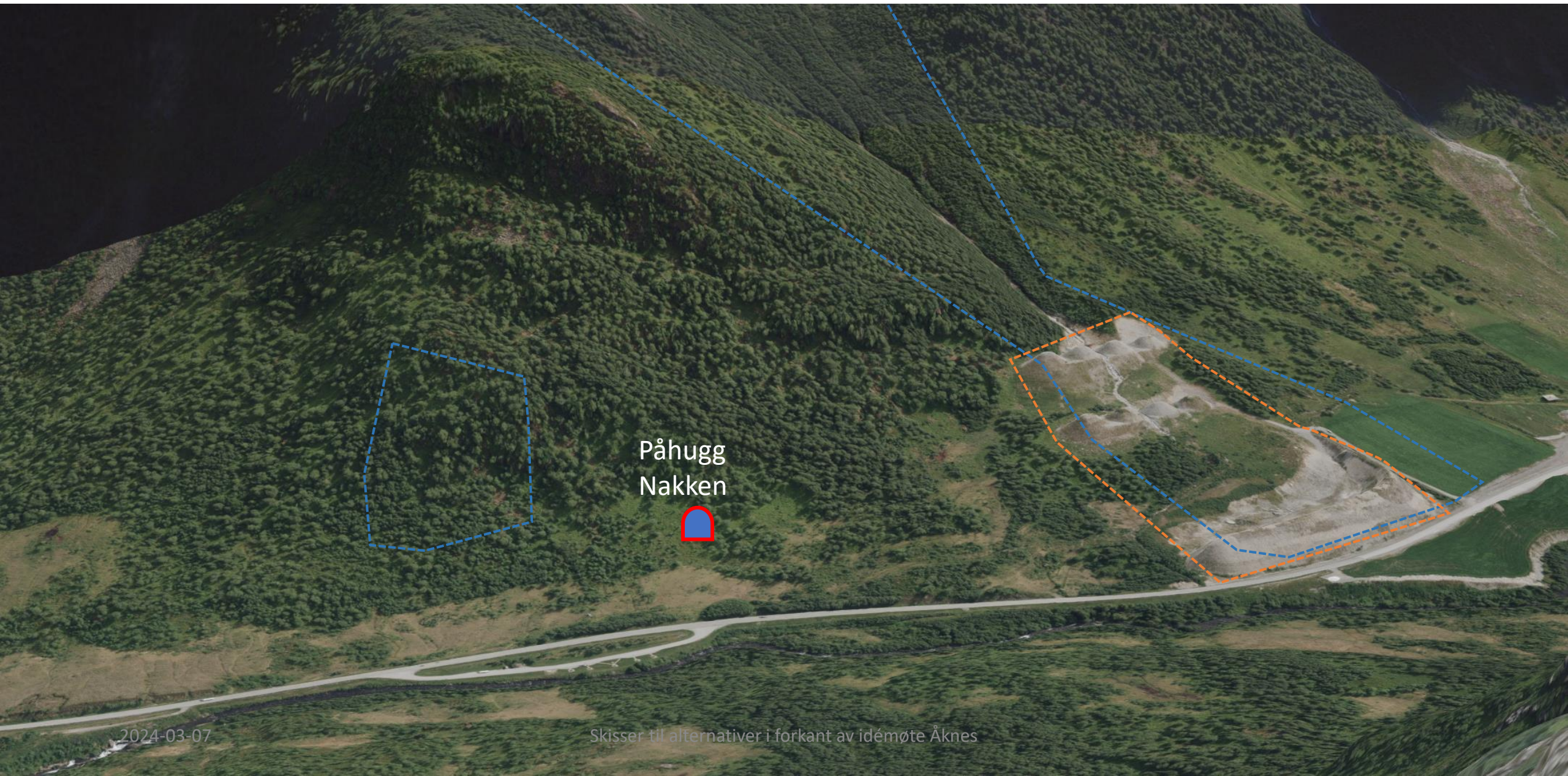
2024-03-07

Skisser til alternativer i forkant av idémøte Åknes

Nakken

 Kjente
snøskredhendelser


 Skredsikring



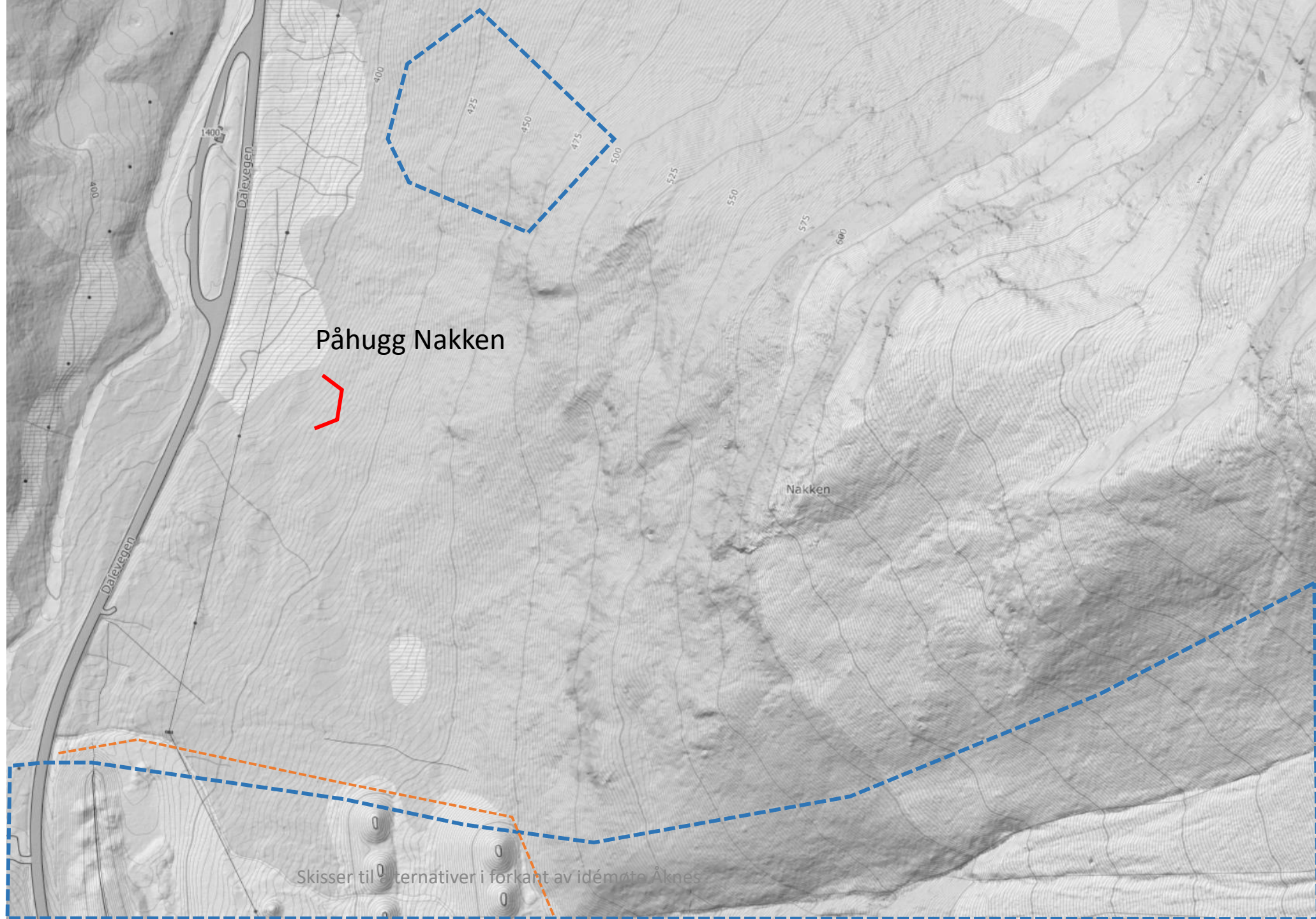
Påhugg
Nakken



Nakken

 Kjente snøskredhendelser

 Skredsikring



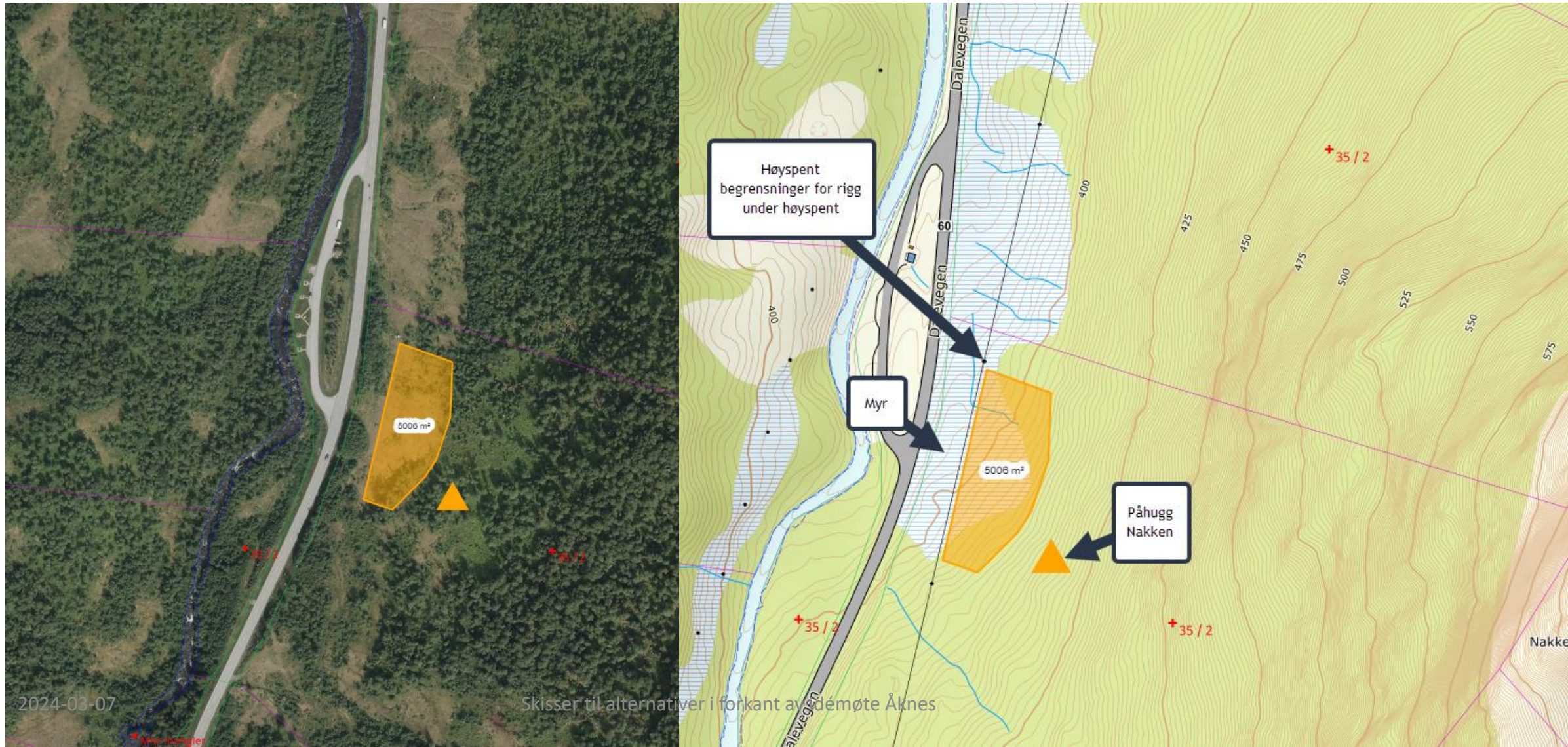
Påhugg Nakken

Nakken

2024-03-07

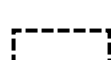
Skisser til alternativer i forkant av idémøte Åknes

Påhugg Nakken – Mulige riggområder



Høgshaugen og Sledalshaugen

 Kjente snøskredhendelser

 Skredavsetning, men ikke registrert hendelser i NVE-atlas

 Skredsikring



Påhugg
Høgshaugen

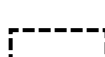


Påhugg
Sledalshaugen

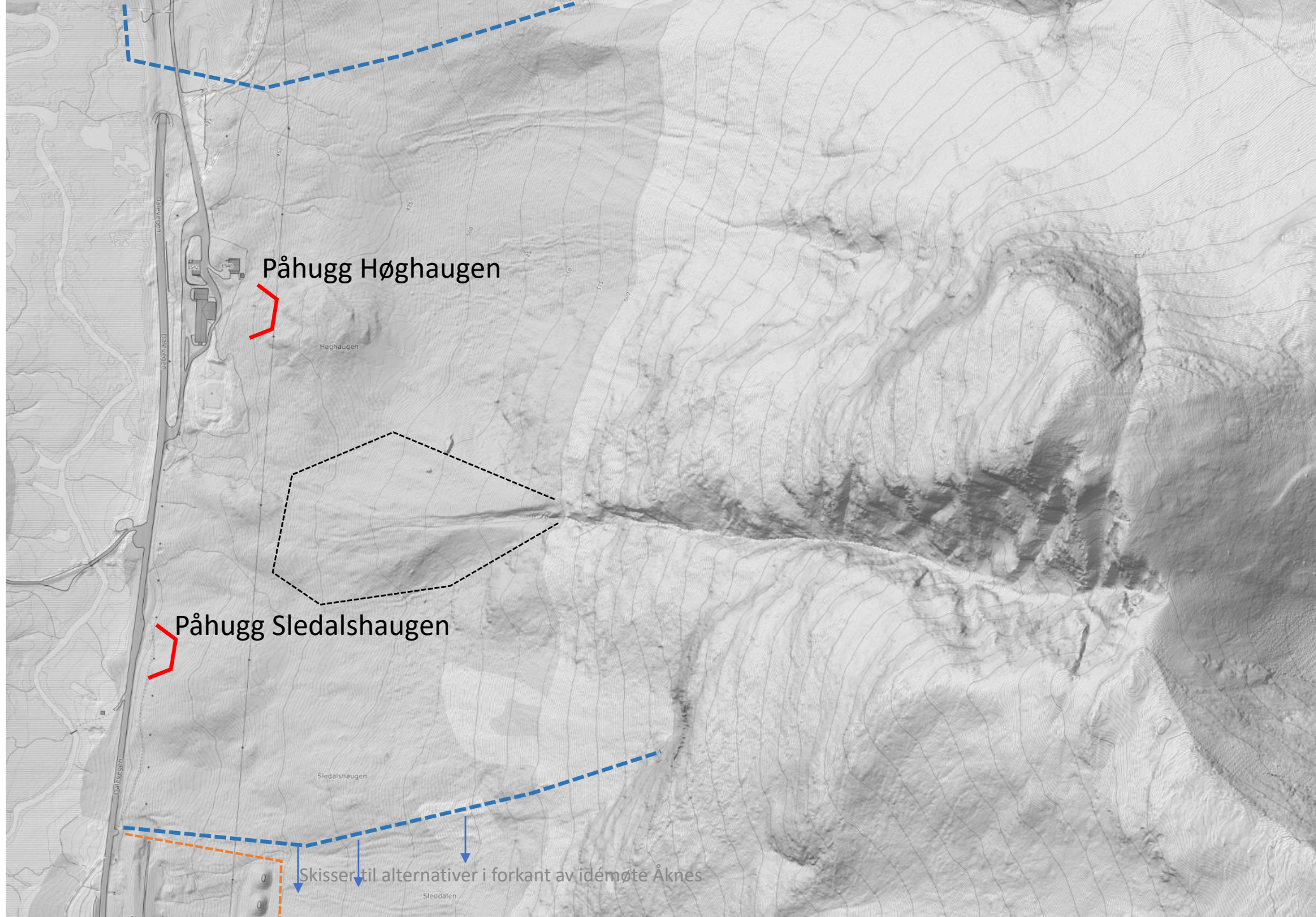


Høgshaugen og Sledalshaugen

 Kjente snøskredhendelser

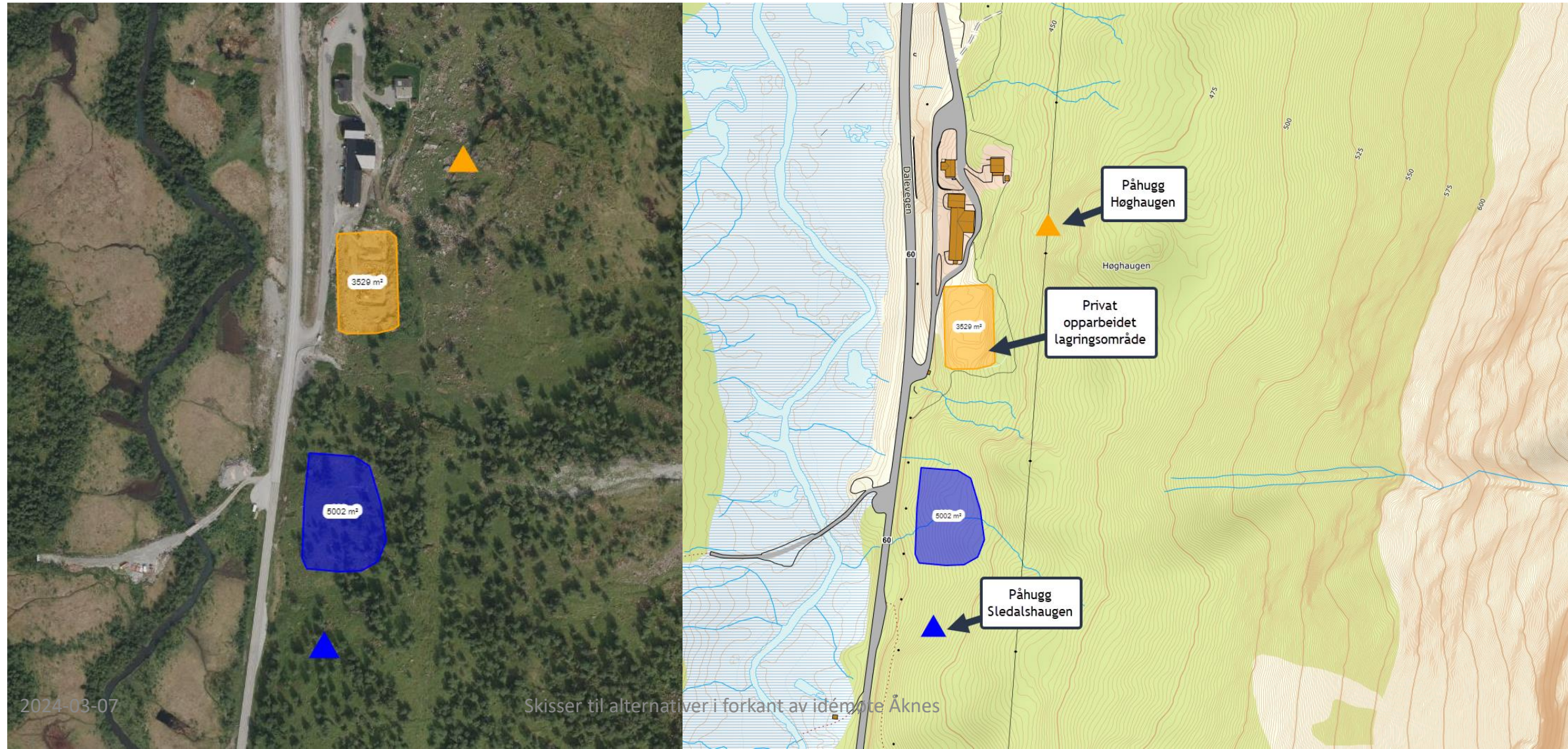
 Skredavsetning, men ikke registrert hendelser i NVE-atlas

 Skredsikring



2024-03-07

Høghaugen og Sledalshaugen – Mulige riggområder





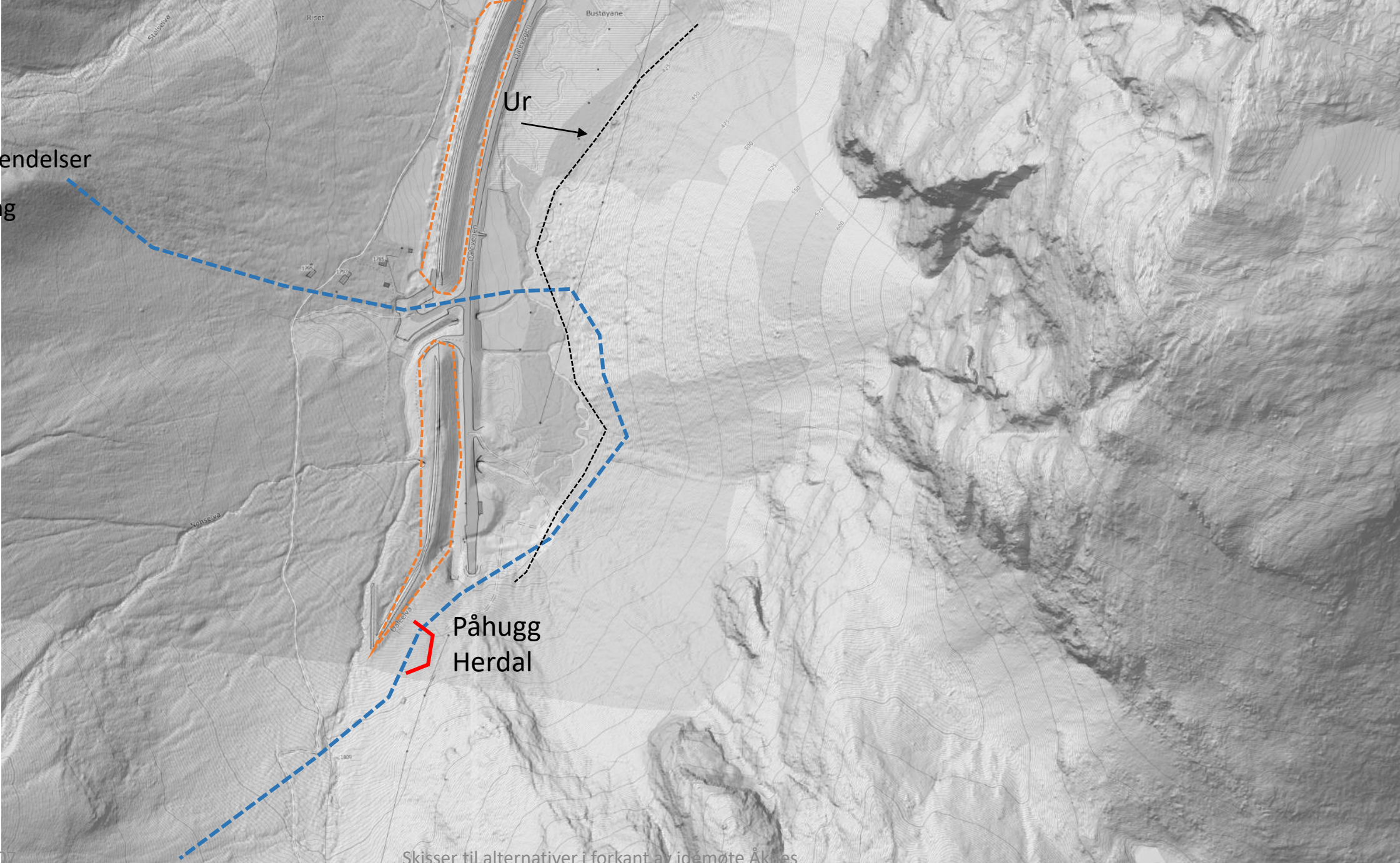


Påhugg Herdal



Herdal

-  Kjente snøskredhendelser
-  Skredsikring



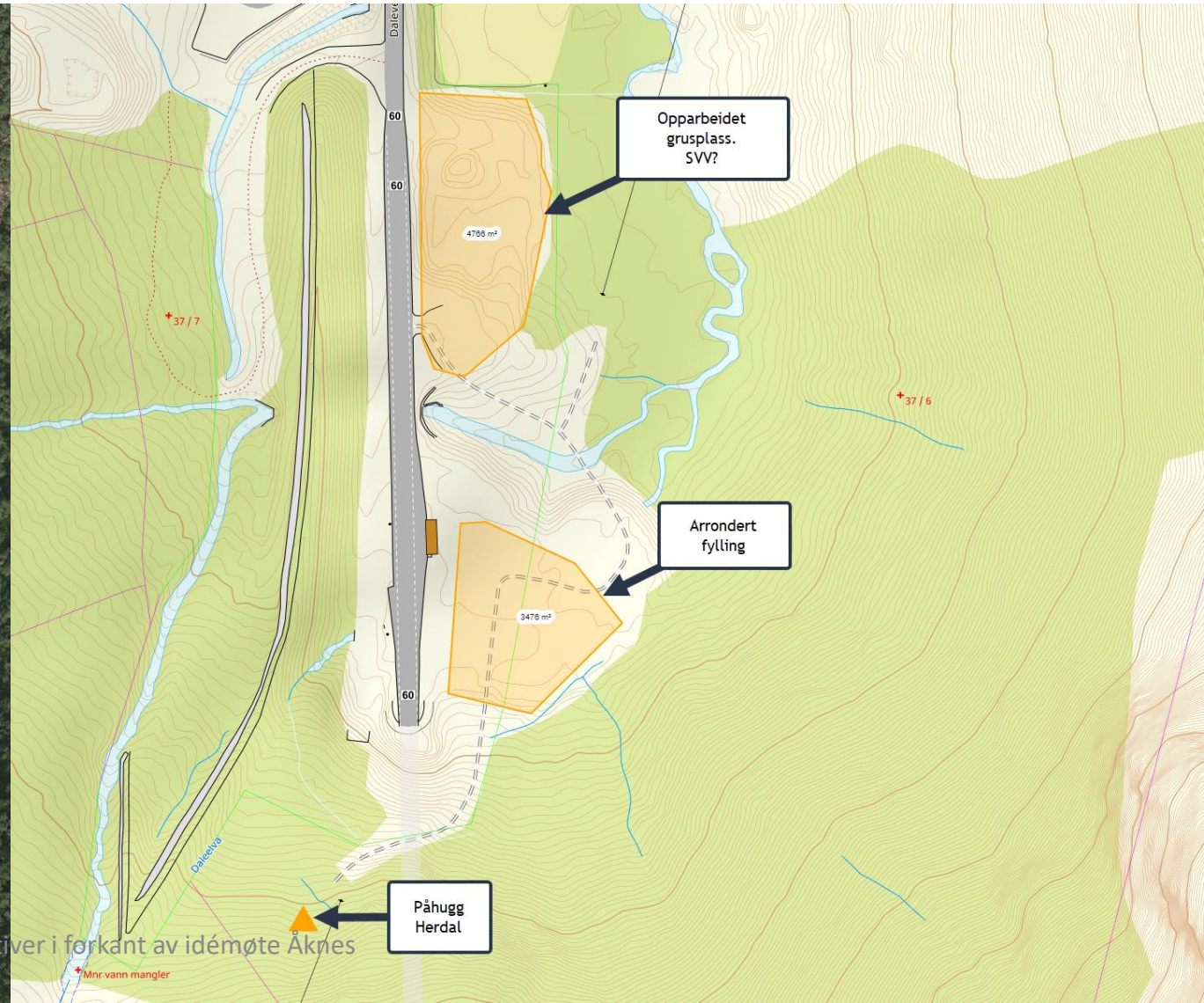
Påhugg
Herdal

Ur

2024-03-07

Skisser til alternativer i forkant av idemøte Åknes

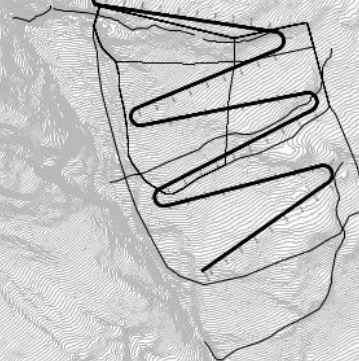
Påhugg Herdal – Mulige riggområder



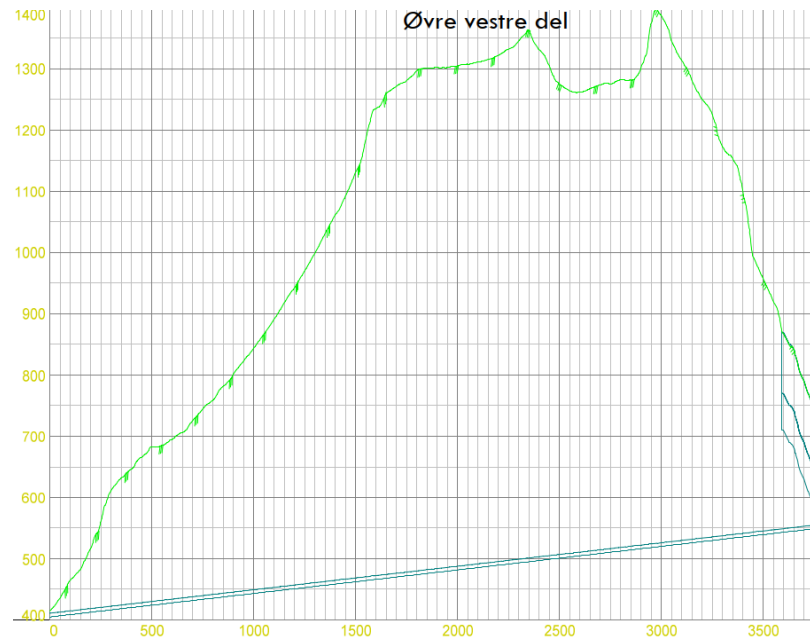
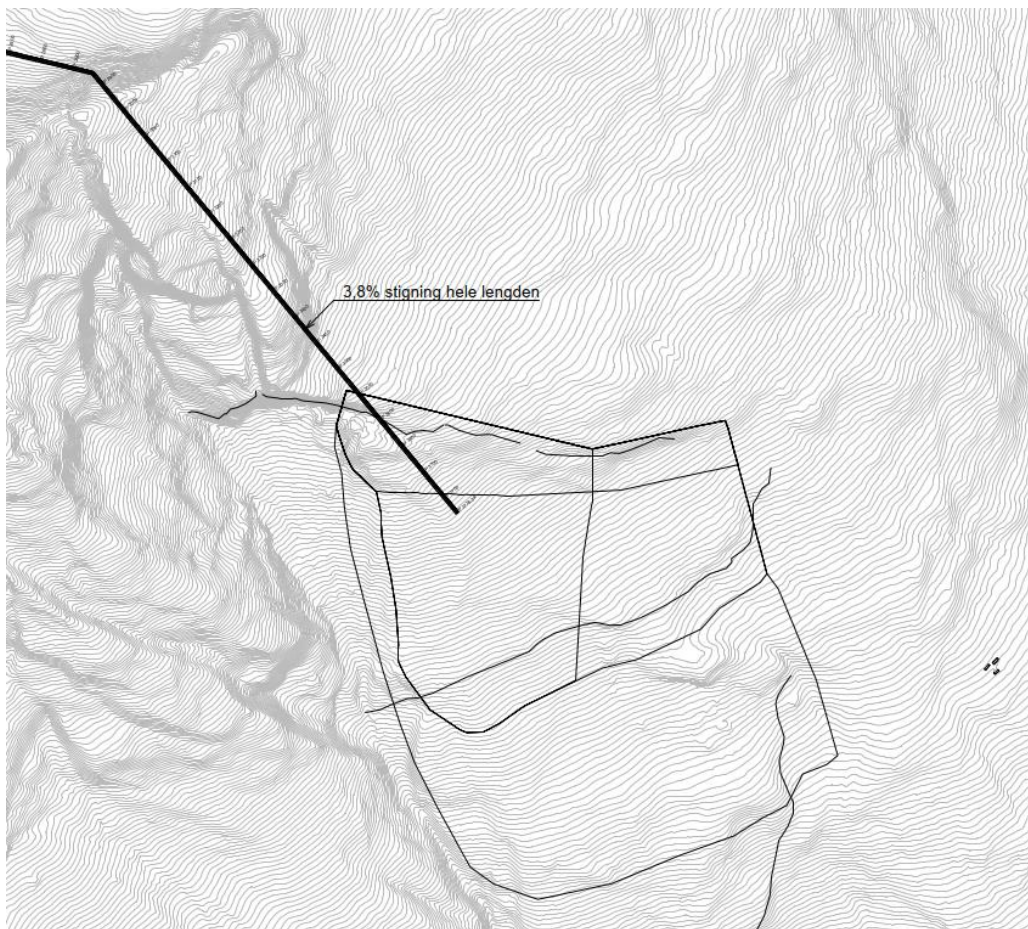
Dreneringstunnel – alternativer i skredområdet

Dreneringstunnel - traséalternativer

- ▶ Påhugg: Strandadalen
- ▶ 6 ulike alternativ
- ▶ Ulik dekningsgrad av de ulike dreneringsområdene (P1-P4)
- ▶ Valg av tunnelalternativ er bl.a. avhengig av hvilke områder som skal dreneres og hvor vannet kan ledes ut av tunnelen (ut til Strandadalen eller i borehull ut mot fjorden/bekkeløp)
- ▶ Skisserte alternativ tar utgangspunkt i påhuggsalternativet ved Nakken i Strandadalen.
- ▶ Dreneringshull fra tunnel til skredområdet er ikke skissert inn.

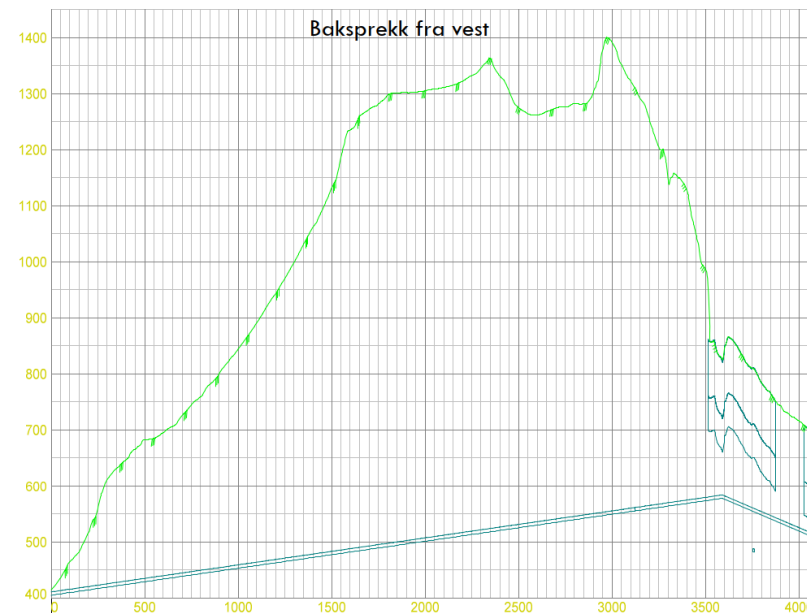
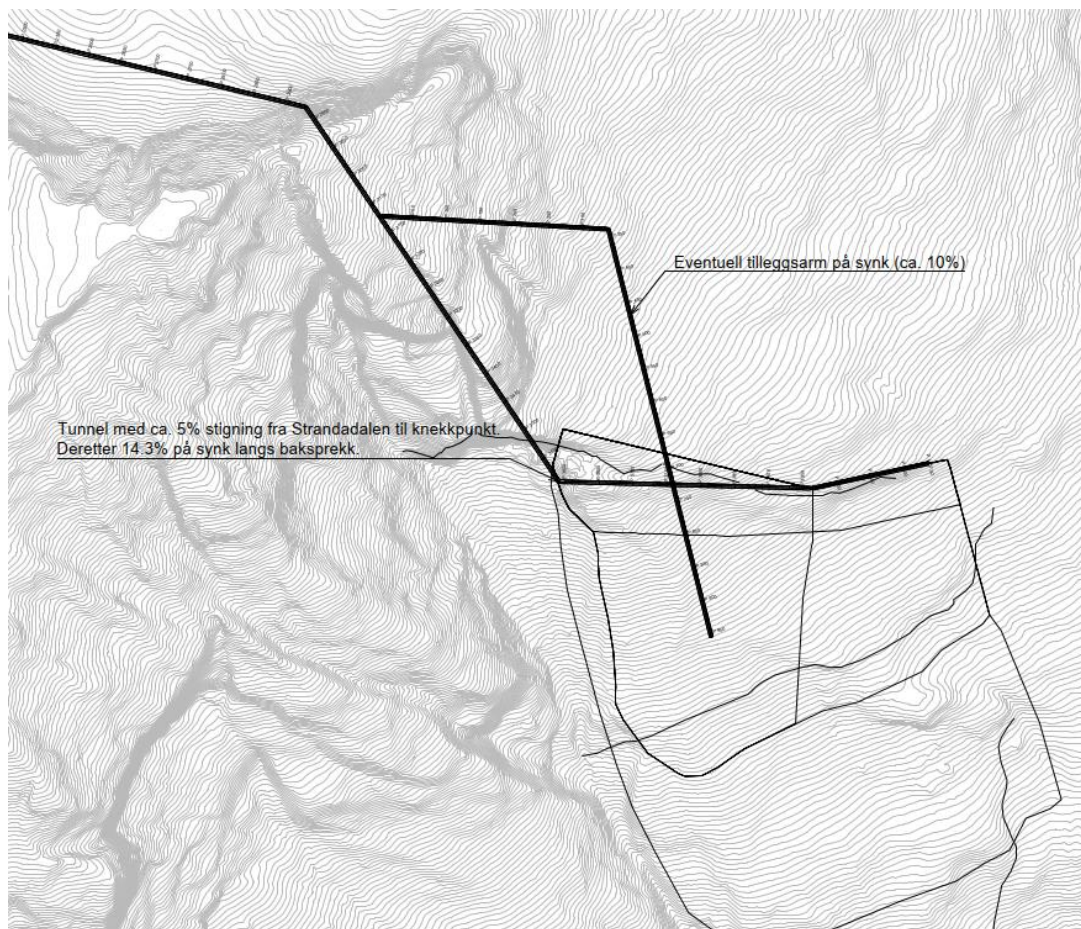


Tunnel-øvre vestre del på stigning



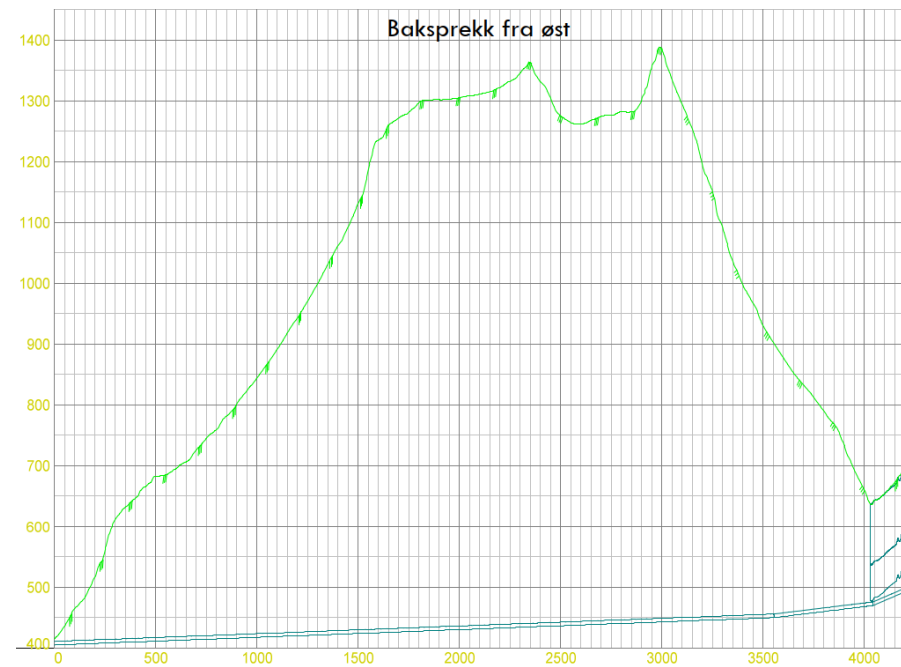
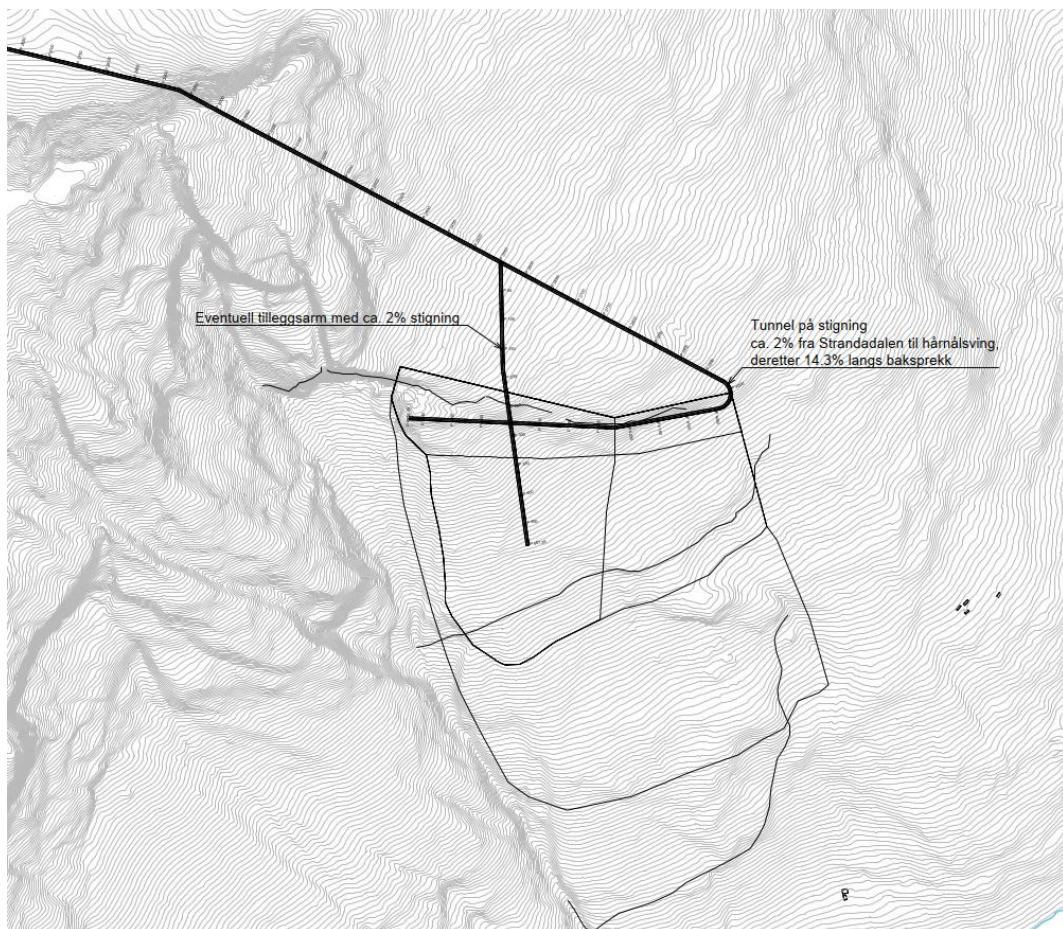
- ▶ Tunnel til øvre, vestre del (NGI-alternativet)
- ▶ Lengde: ca. 3,8km
- ▶ Tunneltrasé på stigning fra Strandadalen
- ▶ Dreneringsområde: Deler av P1/P2

Tunnel-baksprekk-fra vest



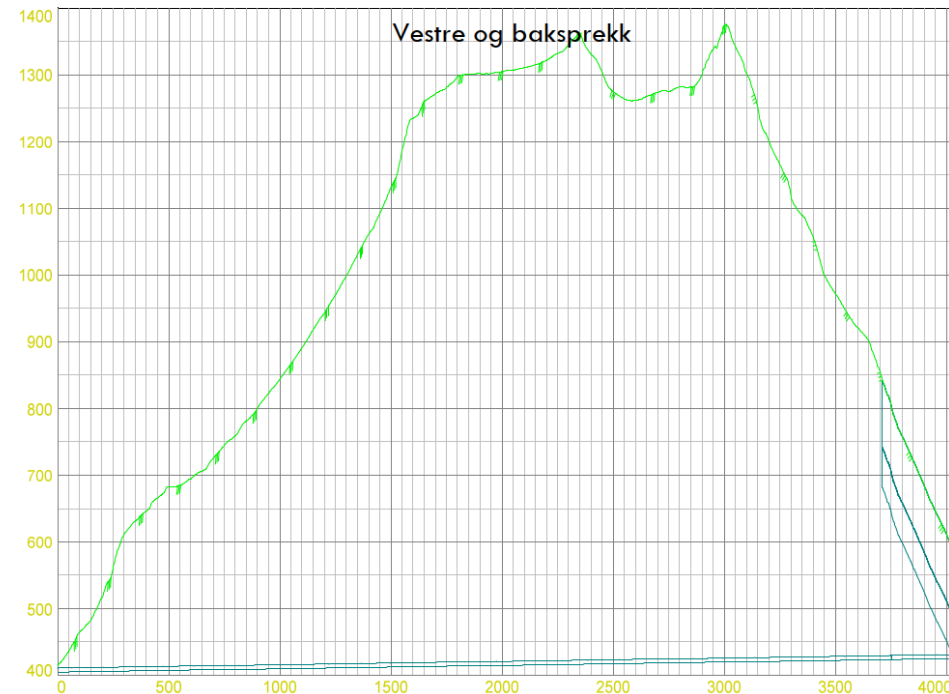
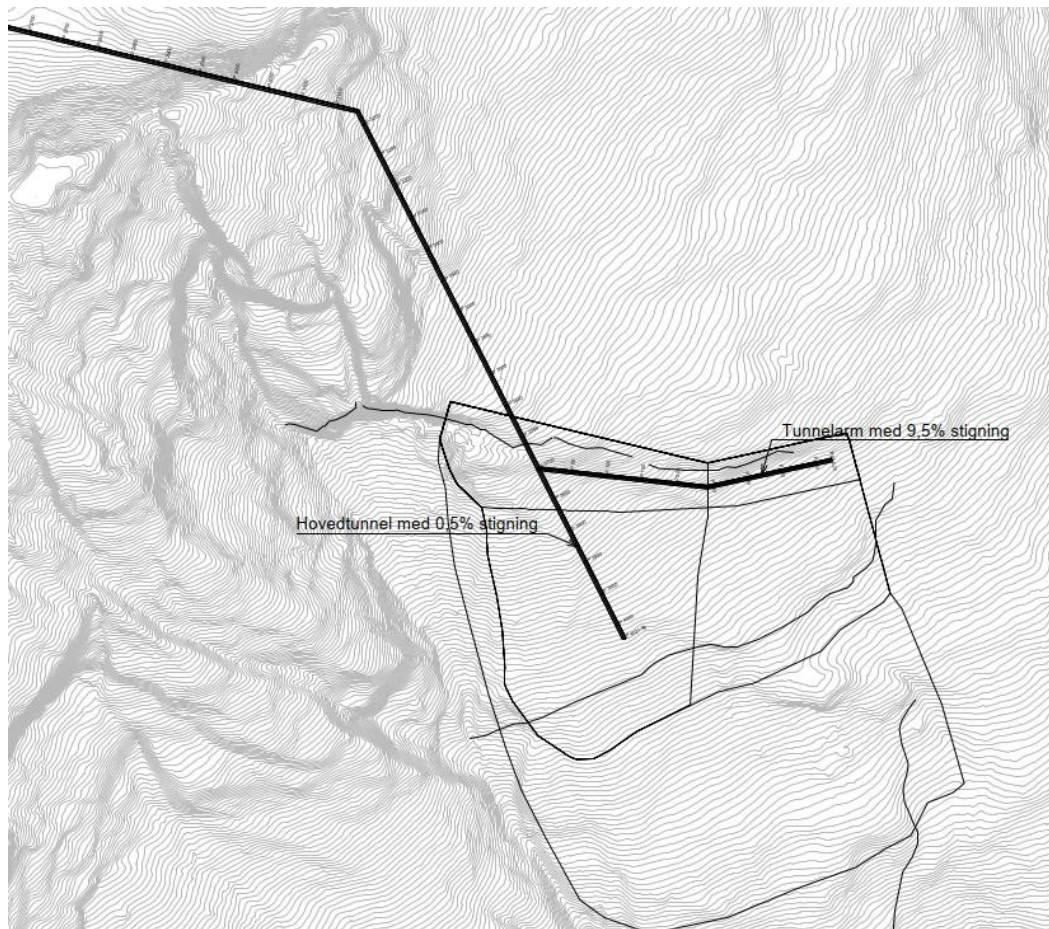
- ▶ Tunnel langs baksprekkområdet fra vest med fall. Traseen går på stigning til baksprekkområdet, deretter på synk
- ▶ Lengde: ca. 4,1km + ev. 1 km tilleggsarm
- ▶ Vannet kan ledes ut via borehull til bekkeløp eller Strandadalen ved pumping
- ▶ Dreneringsområde: P1, med tilleggsarm P2

Tunnel-baksprekk-fra øst



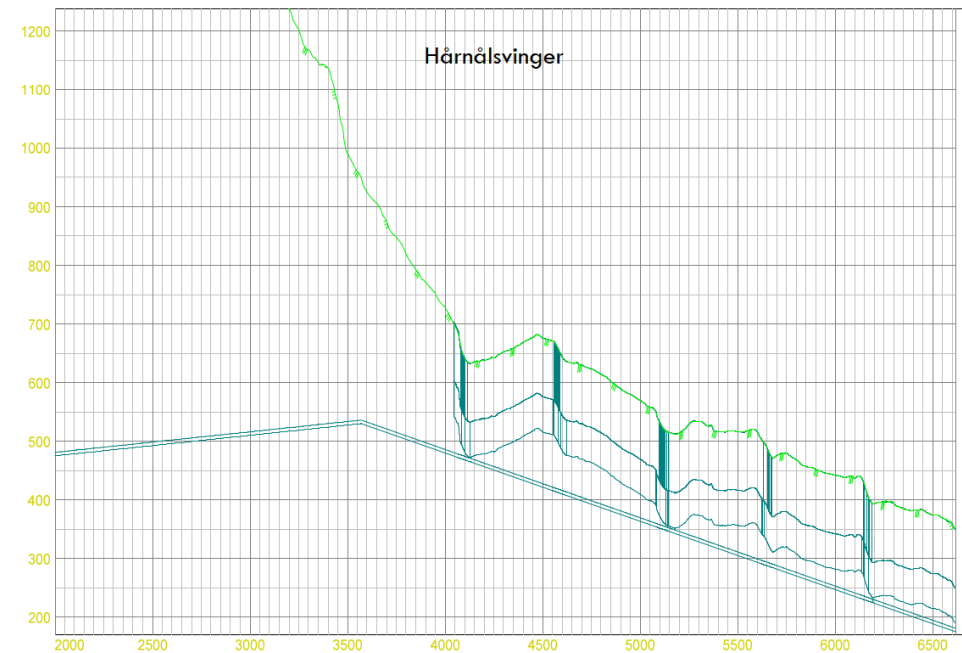
- ▶ Tunnel langs baksprekkområdet fra øst med stigning. Tunneltrasé på stigning hele lengden.
- ▶ Lengde: ca. 4,6km + ev. 0,5 km tilleggsarm
- ▶ Vannet kan ledes ut til Strandadalen eller til bekkeløp via borehull i øst.
- ▶ Dreneringsområde: P1, med tilleggsarm P2

Tunnel-vestre og baksprekk



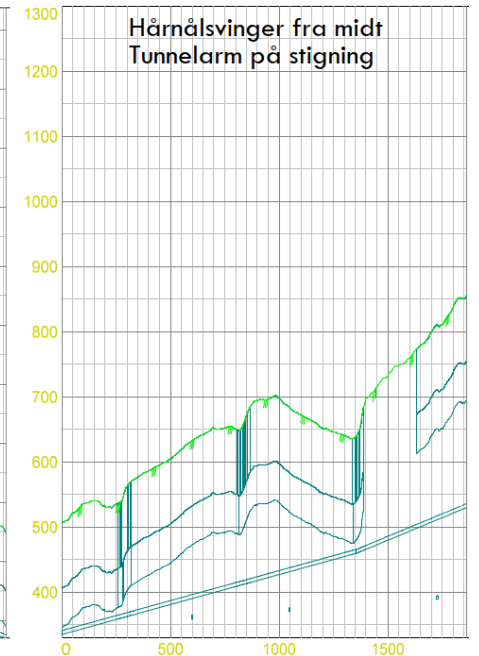
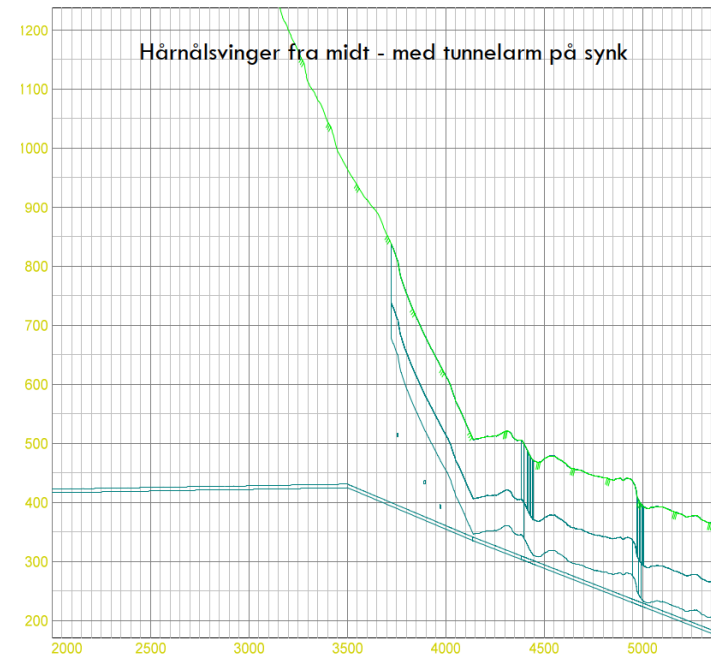
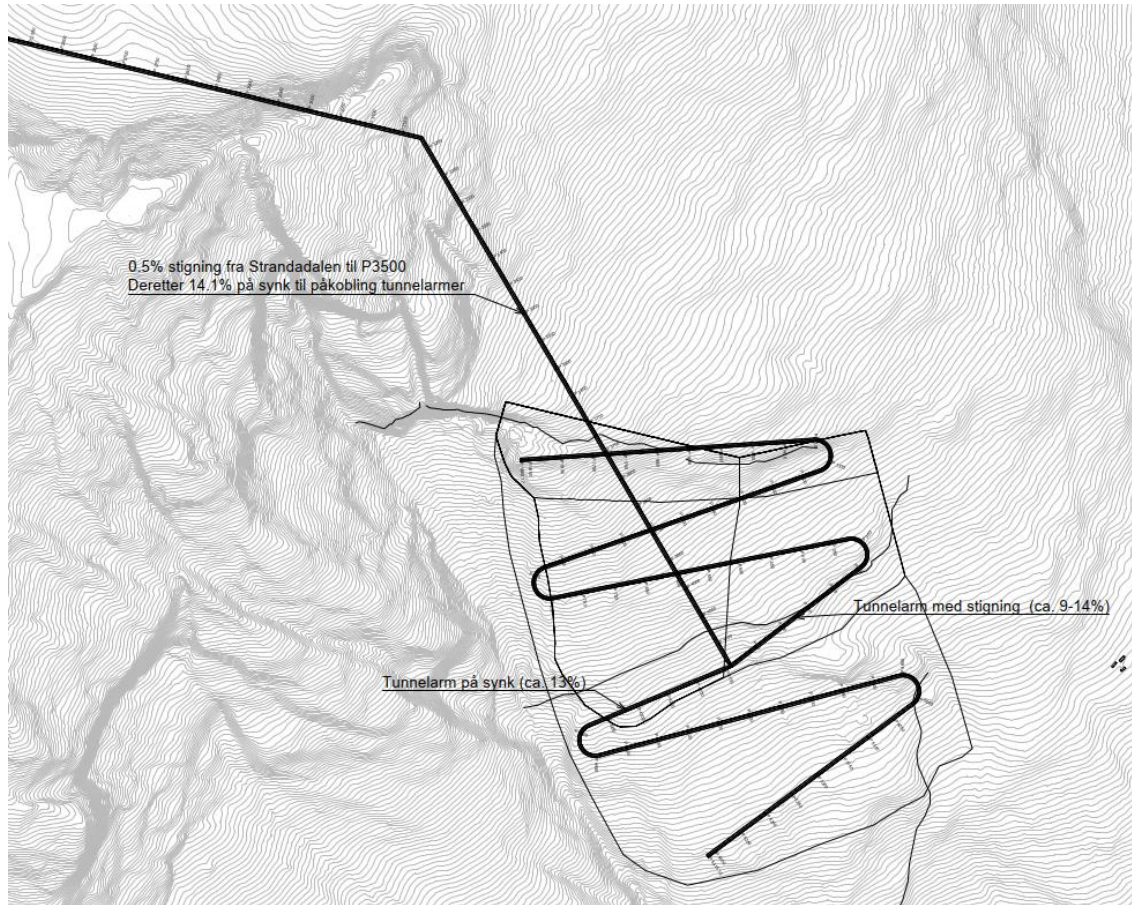
- ▶ Tunneltrasé på stigning til vestre del med arm til baksprekkområde
- ▶ Lengde: ca. 4 km + 0,4 km
- ▶ Vannet ledes ut til Strandadalen
- ▶ Dreneringsområde: P1 og P2
- ▶ Ligger dypt i øvre vestre del – behov for lange borehull

Tunnel-hårnålsvinger



- ▶ Tunnel med hårnålsvinger nedover i skredområdet, lengde: 6,6 km
- ▶ Tunneltrasé på stigning til skredområdet, deretter på synk
- ▶ Vannet ledes ut via borehull til bekkeløp/fjord
- ▶ Dreneringsområde: P1, P2, P3 og P4

Tunnel-hårnålsvinger fra midt



- ▶ Første del fra Strandadalen på stigning, deretter på synk ned mot midten av skredområdet. En tunnelarm med hårnålsvinger videre nedover og en tunnelarm oppover. Lengde: ca. 7,2 km
- ▶ Vannet ledes ut via borehull til bekkeløp/fjord
- ▶ Dreneringsområde: P1, P2, P3 og P4



Every day we improve everyday life

Navn på alternativ	Beskrivelse	Dreneringsområde	Vurderingskriterier	Fordeler (tekniske forhold)	Ulemper (tekniske forhold)	Usikkerheter (tekniske forhold)	Fordeler (miljø og samfunn)	Ulemper (miljø og samfunn)	Usikkerheter (miljø og samfunn)	Utviklingsmuligheter	I forhold til vurderingskriterier
Avskjæring-mur-lang	Murløsning Sweco, ledevegg på overflaten	Overflatevann oppstrøms baksprekk	Oppsamling/effekt	God effekt når ny	Veldig bratt og ulendt	- Om muren blir tett mot terreng - Mulig konseptet vil falle eller en vil se at muren vil deles opp når en går inn i detaljert terrengmodell. Dette kan gjelde flere av murene som er tegnet opp som prinsipp.		LARK/verdsarv: ganske synlig tiltak. NATUR: trolig stort arealbeslag (mer inngrep i vegetasjon og naturtyper)	KULTUR: Synlig, trolig lite innvirkning på kultur-delen av verdensarv		Kommer dårlig ut ift. vurderingskriterier: bærekraft, gjennomførbarhet, risiko, sårbarhet
			Utløp		Vannhastigheten blir stor (erosjon og utvasking ifm. utløpet)	Erosjon/skred					
			Gjennomføring	- Muliggjør trinnvis tilnærming. - Unngår sprengning.	- Lang og bratt, ujevnt terreng. - Arbeidssikkerhet ift. steinsprang. - Kort sesong for anleggsarbeider. - Krevende bygging i bratt terreng. - Mye helikopterflyving ifm. bygging (frakt av betong) - Mangler plan på hvordan håndtere vannet som avskjæres.	- Å få den tett. - Anleggsgjennomføring, bratte partier - Fjerning av overskuddsmasser - Mye betong og armeringsjern som må fraktes og behandles på stedet. - Inngrep i bakken v/sprengning og pigging også her?					
			Sårbarhet for skred		Stor sårbarhet - ikke nedgravd. Utsatt for steinsprang og snøskred.	Skredhyppighet					
			Drift og vedlikehold	- Lett tilgjengelig hvis det ikke legger seg skredmasser. - Lett å inspisere (over bakken) og kan inspiseres ved drone. - Et enkelt punkt hvor vannet tas ut.	- Utsatt for skred. Antas å fylles raskt opp i bakkant av skredmateriale. - Kan oppstå ukontrollert vann på avveie på sårbarere steder. Hvis svikt et sted; hele løsningen ute. - Fare for svikt i konstruksjonen pga sprekkdannelse nær baksprekken.	- Robusthet mot skred. - Forankring av mur mot berg.					
		Frostproblemer		Fare for frost/kjøving							
Avskjæring-mur-flere	To ulike løsninger: 1 - To murer plassert i antatt lettere/flattere terreng. 160 m grøft + ca. 200 m utvidet bekkeløp + 80 m grøft 2 - Tilsvarende plassert som Sweco sin løsning. Lengde ca. 600 m. NO oppfatter alt. 1 som mindre.	Overflatevann oppstrøms baksprekk	Oppsamling/effekt	God oppsamlingseffekt når ny	- Veldig bratt og ulendt	- Maks dimensjoner på drenerør. - Om muren blir tett mot terreng - Hvordan løsningen fungerer over tid.	- Mindre synlig enn alternativ Avskjæring-mur-lang - Alternativ 2 er mer synlig.	LARK/verdsarv: Synlig betong. NATUR: inngrep i fjellvegetasjon og trolig naturtyper. Trolig stort arealbeslag	Vanskelig å redusere synligheten, KULTUR: Synlig, trolig lite innvirkning på kultur-delen av verdensarv		
			Utløp	Utløpet går lenger utenfor skredområdet.	- Vannhastigheten blir stor (alt. 2) - Sårbarhet å utvide bekkeløp og fare for flomskred mot nedstrøms konstruksjon (alt. 1)	Erosjon/skred					
			Gjennomføring	Variant 1 mindre omfang ift. bygging.	- Lang og bratt, ujevnt terreng. - Plassering av murer må også avpasses til mulig anleggsutføring. Det gjelder alle forslag. Det er i snitt rundt 26 grader fall mot fjorden + lokaltopografi. - Arbeidssikkerhet ift. steinsprang. Kort sesong for anleggsarbeider. - Utfordrende å grave og håndtere løsmasser i den bratte skrånningen. Erfaring fra arbeid med arbeidsplattformer er at graving skaper ustabilitet/utrasing. Tilbakefylling av løsmasser krevende. Det må lages stabile anleggsveger.	- Å få løsningen tett - Anleggsgjennomføring, arbeid i bratt terreng. - Fjerning av overskuddsmasser? - Eller tilførsel av masser hvis det er veldig lite løsmasser der tiltaket er tenkt lokalisert? - Mye betong og armeringsjern som må fraktes og behandles på stedet. - Inngrep i bakken v/sprengning og pigging også her? - Maskinstørrelse. 3 tons gravemaskiner har blitt flydd opp med de største helikopter. Det kan kanskje kan være mulig å dele opp utstyret hvis behov for større?					
			Sårbarhet for skred	Er delvis nedgravd (ikke like sårbar ift. skred)	- Mindre utsatt for snø- og steinskred enn alternativ Avskjæring-mur-lang.	Overdekningen av røret					
			Drift og vedlikehold	Kan inspiseres ved drone.	Utsatt for skred. Kan oppstå ukontrollert vann på avveie på sårbarere steder Fare for svikt i konstruksjonen pga sprekkdannelse nær baksprekken.	Gjentetting av slissene med finstoff. Robusthet mot skred.					
		Frostproblemer		Ikke frostsikker løsning							
Avskjæring-grøft-drenering øst	Grøftløsning med drenering mot øst	Overflatevann oppstrøms baksprekk	Oppsamling/effekt	- God, veldig god hvis en også samler opp noe grunnvann - Kan fungere som anlegg alene uten tunnel, flere avskjæringer gir lettere mulighet til terrengtilpasning. - Åpent profil mot oppstrøms, men tett i bunn og mot nedstrøms - Mulighet for 2-trinnsløsning for dreneringskonsept (avskjæring + tunnel)		- Maks dimensjoner på drenerør. - Kan man risikere at mer vann går ned i grunnen i forbindelse med grøftene og at dette vannet medfører økt åpning av subvertikale sprekker som finnes oppstrøms baksprekken og reduserer stabiliteten i dette området?	HYD: Lite synlig (grøftene fylles igjen, det vil være spor etter inngrepet selv om mindre synlig enn murløsninger)	NATUR: inngrep i fjellvegetasjon og trolig naturtyper. Overskuddsmasser vil medføre arealbeslag		- Løsning for avskjæring av overflatevann er avhengig av lokaltopografiske forhold. Kan være relevant å slå sammen konsepter (kan være behov for murer enkelte steder, f.eks.) - Vurdere muligheter for inspeksjon (kum?) - Uttak av grøfter ved vaiersaging? - Vurdere plassering av anlegget i forhold til baksprekken (lenger unna?) - Optimalisering av grøfteplassering og antall grøfter (kan man klare seg med enkelte av grøftene?).	
			Utløp	Liten hastighet							
			Gjennomføring	- Korte lengder - Materialbruk positivt (stedlig sprengstein og glasopor)	- Inngrep i bakken v/sprengning og pigging. - Arbeidssikkerhet ift. steinsprang. - Kort sesong for anleggsarbeider.	- Å få grøfta tett - Fjerning av overskuddsmasser etter sprengning. - Sprengning: Sone oppstrøms baksprekken med flere parallelle sprekker. Kollaps av systemet? Står systemet stabilt? F.eks. utglidning langt til høyre i systemet kan være problematisk. - Mulig scenario med utrasing under bygging og at man ikke vil klare å opprettholde den kontinuerlig overvåkingen av fjellskredområdet?					
			Sårbarhet for skred	Mindre eller ikke skredutsatt tiltak							
			Drift og vedlikehold	Korte grøftelengder	- Vanskeligere tilgjengelig for inspeksjon. - En del arbeid hvis noe må graves opp ifm. vedlikehold						

Navn på alternativ	Beskrivelse	Dreneringsområde	Vurderingskriterier	Fordeler (tekniske forhold)	Ulemper (tekniske forhold)	Usikkerheter (tekniske forhold)	Fordeler (miljø og samfunn)	Ulemper (miljø og samfunn)	Usikkerheter (miljø og samfunn)	Utviklingsmuligheter	I forhold til vurderingskriterier
			Frostproblemer	Frostsikker oppsamling og drenering		- Har det noen effekt at en tenker telesikkert? Og er det mulig? Når er det avrenning mot baksprekk ? ville løsningen være enklere og like driftsikker med ikke "telesikring"?					
Avskjæring-grøft-drenering øst og tunnel	Grøfteløsning med drenering mot øst og drenering til tunnel	Overflatevann oppstrøms baksprekk	Oppsamling/effekt	- God oppsamlingseffekt, veldig god hvis en også samler opp noe grunnvann - Flere avskjæringer gir lettere mulighet til terrengtilpasning. - Tar ut vann to veier, sikkerhet - Åpent profil mot oppstrøms, men tett i bunn og mot nedstrøms - Robusthet: Lokalt redundans (mange grøfter). Med tunnel: Redundans totalsett. Forbedrer løsningen å kunne tappe til tunnel.		- Maks dimensjoner på drenerør. - Kan man risikere at mer vann går ned i grunnen i forbindelse med grøftene og at dette vannet medfører økt åpning av subvertikale sprekker som finnes oppstrøms baksprekken og reduserer stabiliteten i dette området? - Borenyaktighet/treffsikkerhet på dreneringshull fra tunnel opp til grøftene; må kanskje bore før etablering av grøftene?	HYD: Lite synlig (grøftene fylles igjen, det vil være spor etter inngrepet selv om mindre synlig enn murløsninger)	NATUR: Inngrep i fjellvegetasjon og trolig naturtyper. Overskuddsmasser vil medføre arealbeslag			
			Utløp	Liten hastighet i utløpet og lite vann ut av grøftene mot øst.		Hvor mye vann får man drenert ned i tunnelen					
			Gjennomføring	Korte lengder	- Inngrep i bakken v/sprenging og pigging. - Arbeidssikkerhet ift. steinsprang. - Kort sesong for anleggsarbeider.	- Å få grøfta tett - Fjerning av overskuddsmasser etter sprengning.					
			Sårbarhet for skred	Mindre eller ikke skredutsatt tiltak							
			Drift og vedlikehold	Korte lengder	En del arbeid hvis noe må graves opp						
			Frostproblemer	Frostsikker oppsamling og drenering		- Har det noen effekt at en tenker telesikkert? Og er det mulig? Når er det avrenning mot baksprekk ? ville løsningen være enklere og like driftsikker med ikke "telesikring"?					
Dreneringshull - prinsipp	Boring av dreneringshull fra overflaten på stigning inn i skredområdet. I utgangspunktet benytte eksisterende boresteder/plattformer.			- Alternativ til tunnel (unngå tunnel?) - Billigere enn tunnel(?) - Kan være mulig å komme raskere i gang. - Sparer massehåndtering. - Bruk av eksisterende plattformer. - Testet og fungerer andre steder. Erfaring fra andre steder (Courmayeur) er at vannet er såpass varmt at det ikke fryser. - Kan arbeide enda mer steg for steg. Begrensa tiltak i et mindre området. - Mer sikkert ift. utførelse/skape ustabiliteter.	- Kan ikke forbindes/kombineres med avskjæringsgrøfter. - Vannet som tas ut må ledes videre ut av skredområdet. - Vedlikehold av hull og boring av nye hull er krevende; tilkomst utstyr og mannskap, arbeidssikkerhet, kort sesong. Alle hull i skjærsoner må en regne med må vedlikeholdes - Boresteder i øvre del treffer ikke interesseområdet. - Lengde borehull ca. 260 m for å nå inn til glideplan 100 m under overflaten. - Arbeidssikkerhet ved arbeidsplattformene.	- Behov for avklaringer ift. boreutstyr; muligheter og begrensninger. - Vanskelig atkomst setter begrensninger for det utstyret som kan benyttes. - Må påregnes "prøving og felling". Lange borehull -> tidkrevende. Usikkerheter ift. tid for gjennomføring. - Borehull vil gå inn med liten vinkel i forhold til bergmassens oppsprekking langs foliasjonen; fare for boraavik og avbøyning av borehull mot overflaten. - Hvorvidt behov for nye boresteder. - Frostutfordringer (plugging av hull pga. is?) - Inspeksjon av hullene? - Hvorvidt behov for større plattformer enn i dag? - Usikkerheter vedr. stabiliteten til plattformene. - Skredområdet beveger seg; hullene utsatt for deformasjon. - Helikopter inn og ut hver dag. - Vannet som skal ledes bort i et område som beveger seg. - Kostnader. (Til informasjon kostet kjernehullene ca. 5 mill kr per hull.) Det er tidligere forsøkt grovhulls boring på Åknes: Utstyret satte seg fast pga. sterkt oppsprukket bergmasse.	LARK: Bearbeidet terreng ved arbeidsstedene + anlegg for å lede vannet ut: Synlighet i landskapet (ialfall midlertidig), kan få annen type vegetasjon enn den som er naturlig når områdene blir tilvokst.	VERDENSARV: Usikkerhet i forhold til verdensarv og eventuelle økt antall bekker i området om det er flere dreneringshull som slipper ut vann			
Påhugg-Nakken	Samme område som tidligere er sett på av B.Moen (2008) og NGI (2020). Ikke kjente skredhendelser i foreslått område.			- "Snillere" terreng over påhuggsområdet (inn i underkant av terrengrygg). - Enkleste plass å få til en adkomstveg innenfor stigningskrav til tunnelpåhugg - Nærmest driftsentralen til NVE. - Korteste avstand Svemarka dersom masser skal transporteres dit.	- Riggområde ifm. myr og nær høyspentlinje kan kreve restriksjoner. - Ukjent løsmassemengde.	Løsning for adkomstveg må vurderes utenfor myr, kan trolig løses, men må undersøkes videre.	NATUR: Ingen åpenbare fordeler. KULTUR: Vegtilkomst vil trolig ikke være i konflikt med Trondhjemske postvei	NATUR: inngrep i myr. Det jobbes med et generelt forbud mot nedbygging av myr, som kan tre i kraft de nærmeste årene. All arealbruk i intakt natur	KULTUR: Vanskelig å vurdere potensial for evt. Ukjente arkeologiske funn, trolig generelt lavt potensial i aktuelt område.	- Det er ikke sikkert riggområdet trenger å ligge akkurat der det er skissert inn per i dag (14.03.2024). - Kan rasteplass benyttes til riggområde? Kommunen har nevnt dette. Fører til vegkryssing for å komme til påhugg.	
Påhugg-Høgshaugen	Sør for Røyratunnelen, rett i bakkant av gårdsbruk. Ikke kjente skredhendelser i NVE-atlas.			- Korteste tunneltrasé - Opparbeidet areal nær gården kan tenkes inngå i riggområde. - Antas tynt løsmassedekke	- Påhuggsområdet ligger mellom kjente snøskredløp. - Nærhet til bebyggelse; restriksjoner ifm. tunneldrivingen. - Restriksjoner høyspentlinje	- Korteste tunneltrasé går under navnøst vann.	NATUR: Korteste tunneltrasé. Riggområde allerede berørt areal, KULTUR: Vegtilkomst vil trolig ikke være i konflikt med Trondhjemske postvei, gårdsbruk fra tiden etter 1970-tallet	NATUR: Potensial for naturbeitemark (rødlistet naturtype) i påhuggsområdet. Annet: tett på gård. Inngrep i matjord	KULTUR: Vanskelig å vurdere potensial for evt. Ukjente arkeologiske funn, trolig generelt lavt potensial i aktuelt område. Mye stein i marken	- Sambruk, fordeler for gårdseieren?	

Navn på alternativ	Beskrivelse	Dreneringsområde	Vurderingskriterier	Fordeler (tekniske forhold)	Ulemper (tekniske forhold)	Usikkerheter (tekniske forhold)	Fordeler (miljø og samfunn)	Ulemper (miljø og samfunn)	Usikkerheter (miljø og samfunn)	Utviklingsmuligheter	I forhold til vurderingskriterier
Påhugg-Sledalshaugen	Sør for Røyratunnelen, ca. 400 m sør for gårdsbruket. Ikke kjente skredhendelser i NVE-atlas.			- Korteste tunneltrasé - Nær veg.	- Påhuggsområdet ligger mellom kjente snøskredløp. - Bratt; vil være behov for å jevne ut i forbindelse med etablering av riggområde.	- Usikker løsmassemekanikk i påhuggsområdet. - Korteste tunneltrasé går under navnøst vann. - Usikkert om det er mulig å etablere uten å komme i konflikt med Trondhjemske postveg - Nærhet til fylkesveg. Når det er så bratt må man trolig bygge murer og ha noe langsføring langs fylkesveg. Usikkerhet ang. godkjenninger med myndigheter. - Mulig flomskredfare og bekk som må hensyntas.	NATUR: Korteste tunneltrasé. Mulighet å plassere riggområdet i allerede berørt areal (samme som for Høghaugen).	Natur: Inngrep i inntakt natur, men trolig ingen spesielle naturverdier. KULTUR: Vegtilkomst er trolig i konflikt med Trondhjemske postvei	KULTUR: Usikker på status på veien og tilstand i dette område. Trolig lavt potensial for arkeologiske funn		
Påhugg-Herdal	Foreslått område ligger i overkant av påhugg til eksisterende bergtunnel.			- Nærhet til allerede opparbeidede områder. - Stranda kommunen vil gjerne ha mer stein lagret på allerede opparbeidede områder.	- Lengre tunneltrasé. - Påhuggsområdet og antatte riggområder ligger i kanten av kjent skredløp for snøskred. - Nærhet høyspent - Nærhet elv, mulig veg må sikres - Nærhet til eksisterende vegtunnel; antatt behov for restriksjoner ifm. passeringen. - Populært utfartsområde.	- Bergoverdekning tunnel på strekning med overliggende urmasser i ytterste del av traseen. - Ugunstig retning på tunnelen ift. mulig høye/anisotrope bergspenninger (dalsideparallel) - Usikkerhet veg forbi/gjennom voll	NATUR: Påvirker allerede sterkt berørte områder og lite intakt natur	Natur: stort masseoverskudd. Det er avgjørende hvor disse massene er tenkt deponert for å avgjøre negative virkninger for natur, KULTUR: Hensynssone i KPA, Bevaring kulturmiljø vest for Daleelva. Eventuell visuell påvirkning	KULTUR: Vanskelig å vurdere potensial for evt. Ukjente arkeologiske funn, trolig lavt potensial	- Kan tenke seg atkomstveg til påhugget over vegtunnelen mot øst og ned til eksisterende opparbeidede områder. - Kan påhugget flyttes pga. postvegen? Postvegen har høy status.	
Tunnel-øvre vestre del på stigning	Tunnel til øvre vestre del (NGI-alternativet) Tunneltrasé på stigning	Vestre del P2, deler av P1		- Kortere (korteste) tunneltrasé og hele tunnelen ligger på stigning fra Strandadalen - Går under den delen som beveger seg raskest. - Kun 1 tunnellopp å håndtere ift. ventilasjon. - Mindre masser enn ved lengre tunnel.	- Lange borhull for å nå andre deler enn P2 - Begrenset utstrekning av tunnel i skredområdet - Kan ikke kombineres med avskjæring fra overflaten.					- Kan man tenke seg tunnel inn til skredområdet og borehull ut i fjorden (utfordring med lange borehull og boring parallelt hovedsprekkeretning)	
Tunnel-baksprekke-fra vest	Tunnel langs baksprekkeområdet fra vest med fall. Traseen går på stigning til baksprekkeområdet, deretter på synk langs baksprekke.	P1 baksprekkeområdet, ev. tilleggsarm for P2		- Traseer som går langs baksprekken gunstig ift. ev. borehull opp til dreneringsgrøfter.	- Siste del av tunnel går bratt på synk og mister mulighet for drenering på selvføll til Strandadalen. - Området traseen ikke dekker. - Lang ekstraarm med behov for infrastruktur og uten at den kan benyttes til drenering.	- En lengre del av tunneltraseen som ligger nord-nordvest for skredområdet (utenfor skredområdet) går nær/gjennom svakhetssonen som også vestre kløft er en del av (regional forkastningssone). Dette kan medføre økt innlekkasje av grunnvann utenfor skredområdet, noe som ikke er ønsket. NB: Tunneltraseer kan optimaliseres. - Beredskapsløsning dersom drenering ut av tunnelende svikter, eventuelt pumping mot Strandadalen?				- Sjakt opp til overflaten fra tunnelen (tilgang til instrumentering på overflaten). Kjørbar for utstyr eller gangatkomst. - Borehull for kabel opp (tilgang til instrumentering på overflaten).	
Tunnel-baksprekke-fra øst	Tunnel langs baksprekkeområdet fra øst med stigning. Tunneltrasé på stigning hele lengden.	P1 baksprekkeområdet, ev. tilleggsarm for P2		- Tunneltrasé på stigning hele lengden. Mulighet for drenering på selvføll til Strandadalen - Traseer som går langs baksprekken gunstig ift. ev. borehull opp til dreneringsgrøfter. - Positiv ift. samspill med grøfter.	- Lenger tunnel enn alternativet fra vest						

Navn på alternativ	Beskrivelse	Dreneringsområde	Vurderingskriterier	Fordeler (tekniske forhold)	Ulemper (tekniske forhold)	Usikkerheter (tekniske forhold)	Fordeler (miljø og samfunn)	Ulemper (miljø og samfunn)	Usikkerheter (miljø og samfunn)	Utviklingsmuligheter	I forhold til vurderingskriterier
Tunnel-vestre og baksprekk	Tunnel til vestre del med arm til baksprekkområde. 0,5% stigning for hovedtunnel 9,5% stigning for tunnelarm	P1 og P2		- Tunneltraseer på stigning. - Potensial til å ta inn oppsamlet overflatevann med trasé på stigning. - Potensiale til å dekke både grøftene og drenering av vannet som er lenger nede.	- Lange borehull (traseen ligger langt under skredområdet, per 14.03.2024 400-500 m under overflaten)						
Tunnel-hårnålsvinger	Tunnel med hårnålsvinger nedover i skredområdet. Tunneltrasé på stigning til skredområdet, deretter på synk (1:7)	Hele området (P4)		- Tunneltraseen dekker hele området (P4), totalkonsept med rekkevidde til hele området.	- Lang tunnel på synk: Ugunstige driveforhold.	- Lang tunnel på synk: Behov for rømningsrom? Mer krevende ift. ventilasjon? Behov for større tverrsnitt?				- Kan/bør utvides lenger ned i skredområdet. Kan det være aktuelt med nødutgang v/påhugg inne i skredområdet.	
Tunnel-hårnålsvinger fra midt	Første del fra Strandadalen på stigning, deretter på synk ned mot midten av skredområdet. En tunnelarm med hårnålsvinger videre nedover skredområdet og en tunnelarm med hårnålsvinger oppover skredområdet.	Hele området (P4)		- Tunneltraseen dekker hele området (P4). - Store deler av traseen går på stigning fra Strandadalen	- Totalt sett lenger tunnel enn alternativet med tunnel på synk gjennom hele skredområdet					- Videreutvikle til alternativ på synk fra Strandadalen og opp med hårnålsvinger på stigning under skredområdet. (Erfaring fra utlandet: Stabiliserer fra basen, fra bunnen.)	

• ADM-MREF-NVE_2024-03-14_Idémøte Gardermoen

Dato: 14.03.2024	Sted: Radisson Blue Airport Hotel, Gardermoen	Tid: 08.00 – 15.30
Møteleder: Pernille Ibsen Lervåg		Referent: Nicole Ragvin
Virksomhet:	Navn/Init.:	Rolle/Ansvar:
NVE	Idun N. Vefring	Prosjektleder
	Eli Anne Støfring	Ass. Prosjektleder
	Gustav Pless	Fagressurs geologi
	Jan Bakke Flore	Fagansvarleg – Sikring
	Aart Verhage	Regionsjef region Vest (prosjekteier)
	Lars Harald Blikra	Seksjonssjef Skred, NVE
Norconsult Norge AS	Pernille Ibsen Lervåg	Oppdragsleder NO og fagansvarlig plan
	Nicole Ragvin	Ass. Oppdragsleder NO og fagansvarlig ing.geo
	Steinar Myrabø	Fagansvarlig hydrologi
	Clara Sena	Fagansvarlig hydrogeologi
	Olve Skjerdal Lysne	Oppdragsmedarbeider anleggsteknikk
		Til stede:
		Kopi:

Agenda:

- Kl. 08:30 – 09:00: Dagens utfordringer og behov, samt prosjektets mål
- Hva er problemet med dagens situasjon? v/NVE
 - Hvorfor ikke bare fortsette med overvåking som i dag? v/NVE
 - Hva er målet med prosjektet? v/NVE
 - Diskusjon
- Kl. 09:00 – 09:30 Hvilke kriterier skal løsningene vurderes ut fra?
- Hva trenger beslutningstakere for å beslutte om prosjektet skal gjennomføres? v/NVE
 - Hvilke tema vurderer NVE selv når de gir sine uttalelser til andre utbyggingsprosjekt/tiltak? v/NVE
 - Er det noen nasjonale føringer som blir viktige inn som kriterium? v/NVE
 - Utkast til kriterier v/Norconsult
 - Prioritering av kriterier
- Kl. 09:30 – 09:45: Innledning løsninger og gitte/satte forutsetninger
- Kl. 09:45 – 10:00: PAUSE
- Kl. 10:00 – 10:15: **Presentasjon avskjæring overflatevann oppstrøms baksprekk**
- Kl. 10:15 – 10:45: Ulike perspektiv – dreneringsgrøfter
- Kl. 10:45 – 10:55: **Presentasjon dreneringshull fra overflaten i skredområdet**
- Kl. 10:55 – 11:15: Ulike perspektiv – dreneringshull
- Kl. 11:15 – 11:30: **Presentasjon påhuggsalternativ i Strandadalen**
- Kl. 11:30 – 12:00: Ulike perspektiv - påhuggsalternativ
- Kl. 12:00 – 12:45: LUNSJ
- Kl. 12:45 – 13:00: **Presentasjon alternativer for tunneltrasé**
- Kl. 13:00 – 13:30: Ulike perspektiv - traséalternativ
- Kl. 13:30 – 13:40: PAUSE
- Kl. 13:40 – 14:40: Gruppeoppgave
- Kl. 14:40 – 15:30: Oppsummering og veien videre
- Kan vi begrense antall alternativ?
 - Hvilke alternativ går vi videre med?

Punkt:	Sak:	Frist/ Utført:	Ansvar:
1	<p>Dagens utfordringer og behov, samt prosjektets mål NVE presenterer med fokus på spørsmålene fra agendaen. Stikkord fra presentasjonen:</p> <p>Hva er problemet med dagens situasjon?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Åknes er det scenario med størst samfunnskONSEKVENNS. 1/100 for deler av fjellpartiet. • Store kostnader og mulig tap av verdier ved ev. evakueringer • Båndlegging av areal <p>Hvorfor ikke bare fortsette med overvåking som i dag?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Omfattende arbeid, krav i TEK17, kostnader ifm. instrumentering, drift og vedlikehold. 4,5 mill. kr/år ekskl. bemanning • Usikkerhet ifm. til varsling av farenivå <p>Hva er målet med prosjektet?</p> <ul style="list-style-type: none"> • NVE skiller på ulike faser av prosjektet. • Mål for kunnskapsprosjektet: Skaffe nok data til å avklare mulighet for å stabilisere det ustabile fjellpartiet Åknes • Mål forprosjektet: Anbefale sikringskonsept. Estimere effekt og kostnad. Fasen sine mål ligger i bestillinga. • Prosjektet sine mål: Redusere sannsynligheten for skred gjennom redusert bevegelse, og dermed økt stabilitet. <p>Diskusjon i møtet omkring bruk av risiko eller sannsynlighet, dvs. om prosjektet skal redusere sannsynlighet eller risiko for skred. Diskusjonen landet på at det må være å redusere sannsynligheten for skred.</p> <p>Hvordan måle effekt/når er målene oppnådd:</p> <ul style="list-style-type: none"> • For forprosjektet: NVE ønsker at bestillinga er svart ut, med alle underpunkt avklart (bestillingen er fasen sitt mål). NVE vil vurdere NO etter mål (bestillingen) for forprosjektet. Ved vurdering av alternativer kan det sammenliknes mot nullalternativet (dagens situasjon). <p>Videre diskusjon i møtet omkring effekt av tiltak:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Man kan vurdere omfang av tiltak opp mot estimert effekt, men det vil være store usikkerheter. • Man vil ikke vite effekten før det har gått litt tid. Dreneringstiltak må følges opp med målinger/instrumentering. • Verifiseringsplan: Hvordan bruke eksisterende instrumentering, det bør være en fornuftig plan for hvordan effekt kan verifiseres. • Det er aktuelt å vurdere supplerende instrumentering. • Kunnskapsprosjektet: Ingenting er sikkert, NVE er tydelig på at det er usikkerheter. <p>Gjennomgang av Norconsult sin framstilling av mål som ligger på Sharepoint (OneNote). Enighet om at dette stemmer med NVE sine mål. NVE presiserer at Norconsult blir målt i forhold til målene til forprosjektet.</p> <p>NO kommenterer at NVE har stort fokus på forprosjektet, men at det også er en reguleringsplan som er bestilt og som skal utarbeides parallelt. I arbeidet med en reguleringsplan er mål og kriterier veldig viktig, og dette er grunnen til at vi er opptatt av mål (som igjen har betydning for vurderingskriterier). NO vurderer at det er et krevende område å planlegge i; det er mange interessenter og mange hensyn å ta. I reguleringsplanarbeidet skal disse avveies og alle løsninger og valg som tas skal forklares og redegjøres for. Det er påregnelig at det også vil bli stilt spørsmål til kostnader ved realisering.</p>		

2

Hvilke kriterier skal løsningene vurderes ut fra

NVE presenterer innledningsvis hvilke tema NVE selv vurderer når de gir sine uttalelser til andre tiltak:

- Vassressurslova. inkl. naturfare.
- Innsigelse ifm. PBL-saker: Ift. naturfare delen.

Norconsult presenterer et utkast til kriterier (fra excelarket). Stikkord fra diskusjonen omkring dette:

- Nytte/kost-vurderingene som er gjort viser veldig høy nytte/kost.
- Vurderingskriteriet «Effekt av drenering»: NVE er enige i at vurdering av effekt er beheftet med stor usikkerhet. Det må bli et anslag basert på hydrogeologisk modellering. Vanskelig å konkret beregne effekten av drenering. Det var også i Kunnskapsprosjektet usikkerhet knyttet til modelleringer. Konklusjonen i Kunnskapsprosjektet støttet seg mye på erfaringer fra andre land sammen med målingene av økte bevegelser ved nedbør.
- Det er i dag høyt tillitsforhold mellom NVE og de lokale kommunene og befolkning som NVE ønsker å bevare gjennom prosjektet.

Diskusjon hvor vi flytter litt rundt på de foreslåtte vurderingskriterier til en foreløpig foreslått prioriteringsrekkefølge:

- Effekt av drenering
- Teknisk (praktisk?) gjennomførbarhet
- Landskap/synlighet
- Grad av konflikt med nasjonale og regionale føringer
- Risiko, SHA (anleggsgjennomføring)
- Risiko, grunnforhold (skred, erosjon, om tiltaket kan skape nye ustabiliteter)
- Bærekraft – CO₂-regnskap
- Bærekraft – arealbeslag
- Arealverdier (natur/miljøverdier og ressurser)
- Drift og vedlikehold
- Kostnad for bygging

3

Innledning løsninger og gitte/satte forutsetninger

- NVE v/Blikra kommenterer at forutsetning med sikkerhetsavstand til skredområdet er veldig konservativ. Erfaringene fra andre prosjekter i utlandet tilsier at vibrasjoner ifm. tunneldriving nær/i skredområder ikke er problematisk. NO er enig og bekrefter at dette må vurderes videre. Sannsynligvis kan man redusere avstanden, men det bør også følge med en god begrunnelse.
- NVE v/Blikra kommenterer til prioriteringsområdene for drenering at man også bør vurdere drenering i nedre del.

4 Presentasjon av løsninger og diskusjon med ulike perspektiv

1. Avskjæring overflatevann
2. Dreneringshull fra overflaten i skredområdet
3. Påhuggsalternativ i Strandadalen
4. Alternativer for tunneltrasé

Skisser til alternativer ble vist i egen presentasjon. Innspill i diskusjonen er lagt inn i tabell i Excel. Framgangsmåte ved gjennomgang og diskusjon var «Ulike perspektiv» ved bruk av ulike «hatter» (nøytral, positiv, negativ, kreativ, analytisk).

Gjennom diskusjonen framkom innspill som gjelder mer overordnet for flere alternativer:

Alle alternativer:

- Levetid, sikkerhet mot feil (redundans) og robusthet viktig. Løsningen må fungere over lang tid.
- Georisiko i forhold til alle løsninger. Sideeffekter av foreslåtte alternativer, utenfor skredsområdet, skal unngås eller minimeres
- Mulighet for å redusere usikkerhet

Omfang/område for drenering:

- Diskusjon omkring forutsetningen som NO har lagt til grunn for hvilke områder som bør dreneres (P1-P4).
- NVE v/Jan gir innspill om at dette også er politikk og at det bør være med et alternativ for «komplett drenering», dvs. en løsning som dekker hele skredområdet med så god mulighet som mulig for drenering. Forprosjektet skal planlegge og regulere for en best mulig løsning «full pakke». Løsningen skal kunne bygges trinnvis/skaleres i 2 eller flere faser med verifisering etter første fase. Kostnader bør holdes på fornuftig nivå (dette ses i sammenheng med andre prosjekter).
- NVE v/Blikra peker på at målinger viser et dyptliggende grunnvannssystem og det må forventes at dreneringsløsningen må dekke dypereleggende områder.

Innspill relevant for alle påhuggsalternativer:

- NVE: Snøskred kan man akseptere en større fare for pga. muligheten for varsling. Steinsprang uønsket. Hensynta bruken av påhugg ved vurdering av sikkerhet.
- Avstand til eksisterende infrastruktur for påkobling til strøm og nett til bruk ifm. instrumentering i tunnelen.
- Plassering av påhugg i forhold til tilbakeføring av vann til Strandadalen; hvis vann slippes ut i Strandadalen, hvor er det minst ulempe å slippe det ut.
- Bruk av tunnelmasser til skredsikringstiltak i nærområdet? NO har gjort en overordnet vurdering av behov i Strandadalen; dette kan være aktuelt, behov for masser avhenger av type tiltak.
- «Miljøforholdene» ved påhuggsområdet viktig.

5

Gruppeoppgave

4 grupper med 2 personer i hver og 4 spørsmål til samtale og diskusjon. Intervjuer/dialoger på tvers slik at alle er med på å diskutere alle spørsmål. Felles gjennomgang til slutt.

Spørsmålene var:

1. Hvordan kan vi planlegge dette prosjektet med hensyn til bærekraft? Tenk:
 - a) Økonomisk bærekraft
 - b) Miljømessig bærekraft (husk både arealbeslag, avrenning, massehåndtering)
 - c) Sosial bærekraft (påvirkning av 3. part, trygghetsfølelse etc.
2. Hva kan bli de største utfordringene? Hvilke hindre kan vi møte?
3. Hva vil det si at tiltaket har *ønsket effekt*?
4. Hvem er de viktigste interessentene? Hva tror vi at omgivelsene (innbyggere i berørte kommuner, politikere, regionale myndigheter, turistnæringen etc.) forventer av prosjektet? Hvordan kommunisere godt med lokalbefolkning? Hvordan få lokale interessenter med på laget?

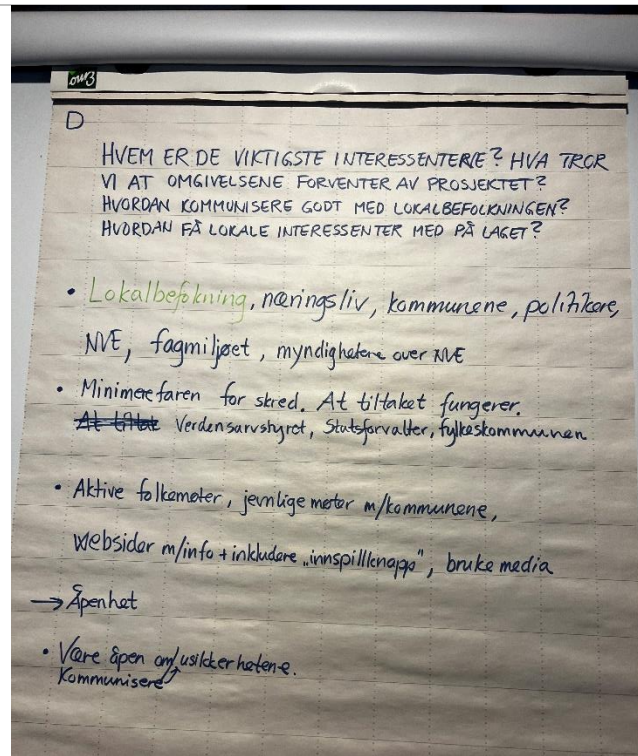
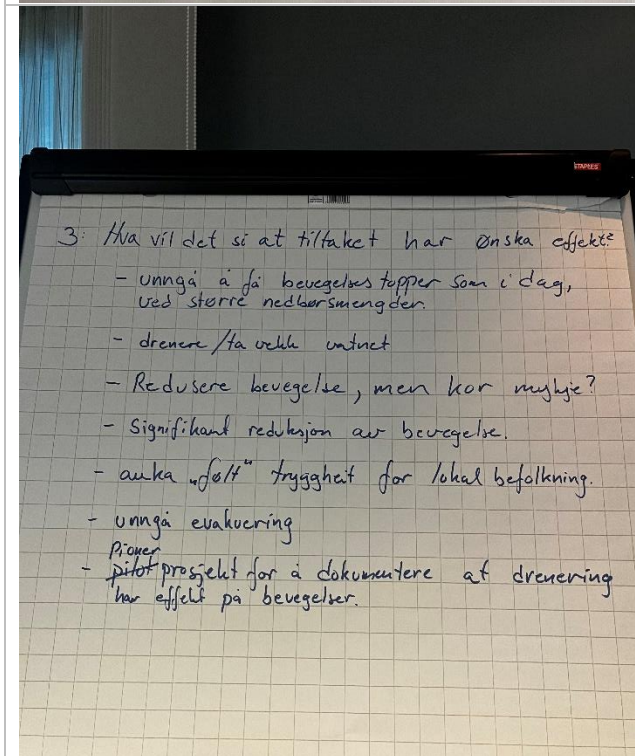
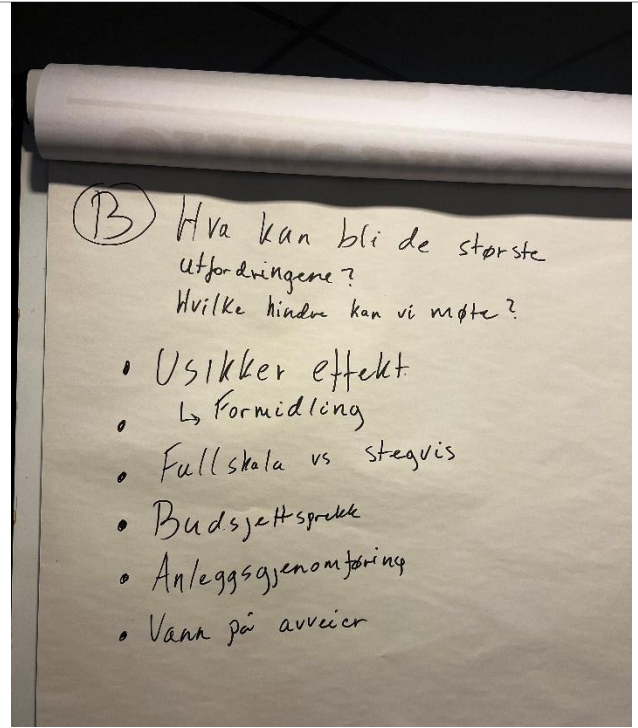
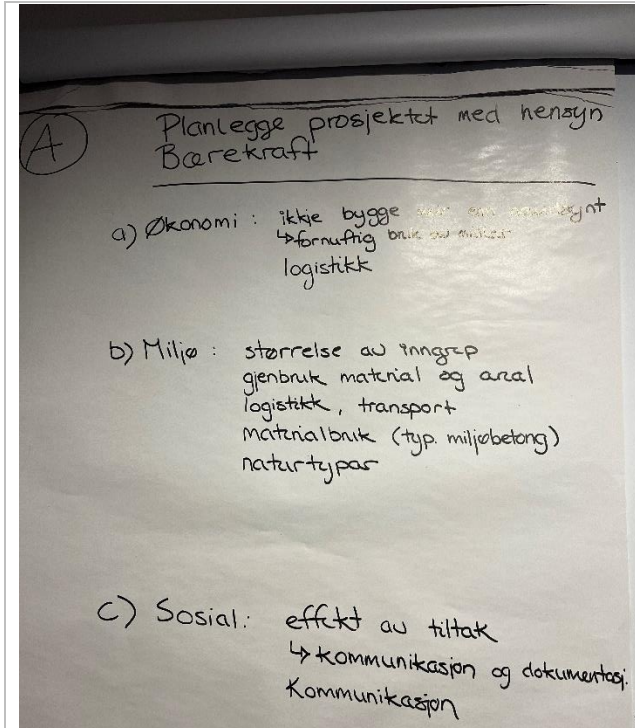
Oppsummering av spørsmålene er vist på bilder til slutt i dette referatet.

6

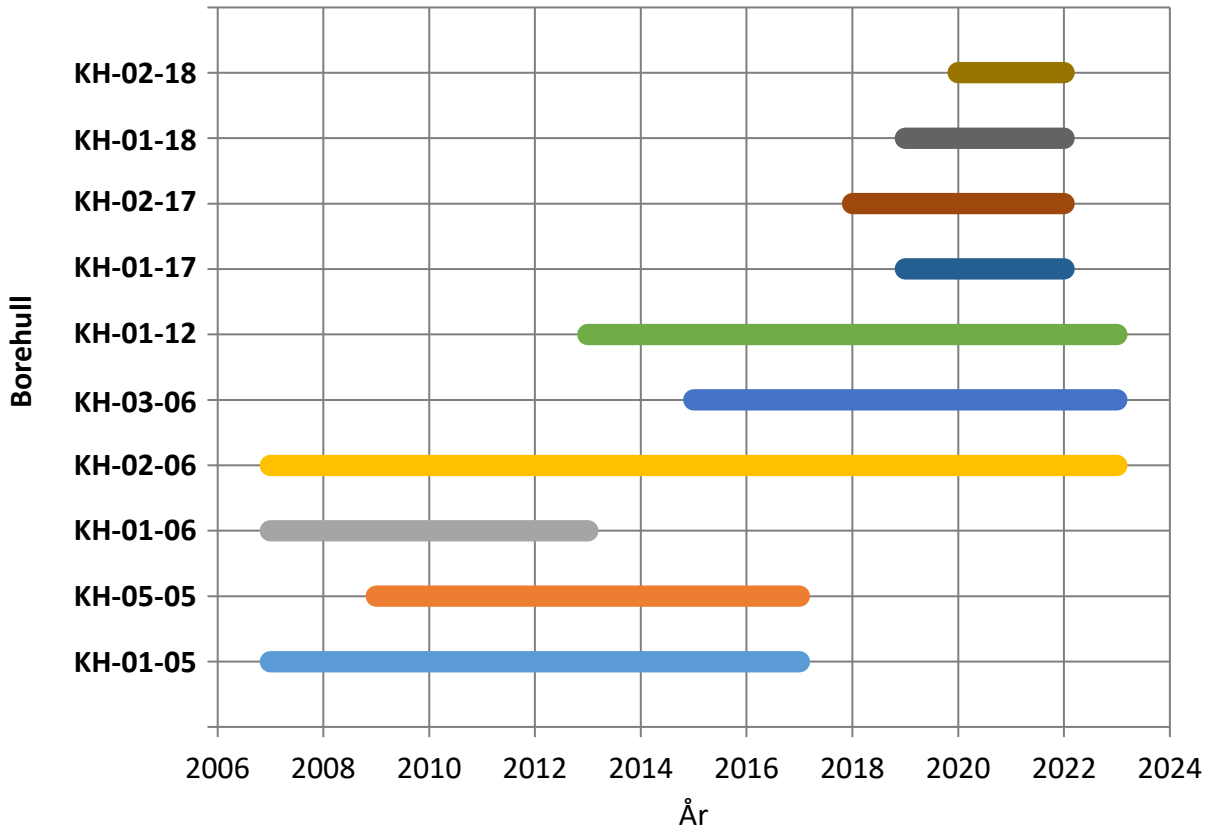
Oppsummering og vegen videre

- Skalerbare alternativer vil være fornuftig (trinnvis utbygging).
- Avskjæring av overflatevann: Norconsult sin løsning er en videreutvikling av Multiconsult sitt tidligere forslag. Løsninger med sammenhengende lange murer kan utgå. Løsning med kortere grøfteløsning med og uten tunnel tas med videre til videre optimalisering. Anleggsgjennomførbarhet, praktisk utførelse og stabilitet av anlegget under og etter byggeperioden vil være svært sentralt og avgjørende. Ingen andre dreneringsprosjekter har utført tilsvarende oppsamlingsdreneringsløsning. Kombinasjonen med tunnel vurderes å være interessant. I forhold til steinsprangfare i anleggsfasen vil bruk av fangnett være aktuelt å vurdere.
- I videre vurderinger ta med dreneringshull fra overflaten i nedre del av skredområdet som alternativ til lang tunnel på synk. I nedre del antas det å være lettere å bygge arbeidsplattformer, det er lenger sesong og trolig ikke så problematisk ift. å håndtere vannet som dreneres ut.
- Kombinasjon avskjæring i overflaten – tunnel øvre del og dreneringshull fra overflaten i nedre del er veldig relevant og vil kunne bygges trinnvis.
- Påhugg: Alternativ fra Herdalen kan tas ut – lengst tunneltrasé (både bygging og drift), konflikt med postvegen, nærføring til eksisterende vegtunnel, trolig bedre å slippe ut ev. dreneringsvann lenger ned i dalen, usikker bergoverdekning ifm. kryssing av område med urmasser før tunnelen kommer inn i fjellmassivet, mer ugunstig tunnelretning (dalsideparallel) i forhold til mulige høyø/anisotrope bergspenninger.
- Påhugg: Øvrige 3 påhuggsplasseringer tas med videre. Enighet om ingeniørgeologisk befaring til Strandadalen når det blir bart. Dette kan gjøres uavhengig av befaring på selve Åknes. Høgshaugen krever kommunikasjon og velvilje fra eier. Kommunikasjon avventes til etter befaring.
- NO lager et notat fra idémøtet hvor bl.a. begrunnelse for forkastede alternativer vil bli vektlagt.

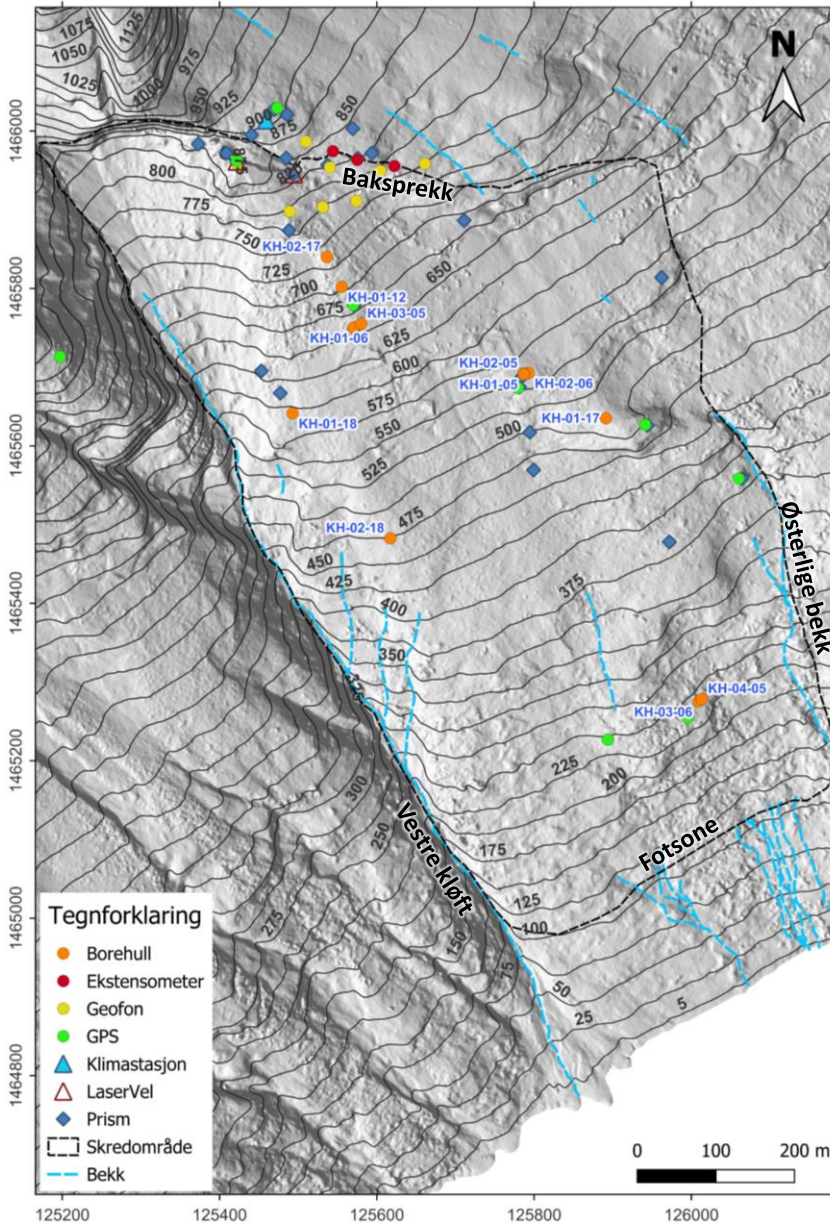
22.03.2024 NO



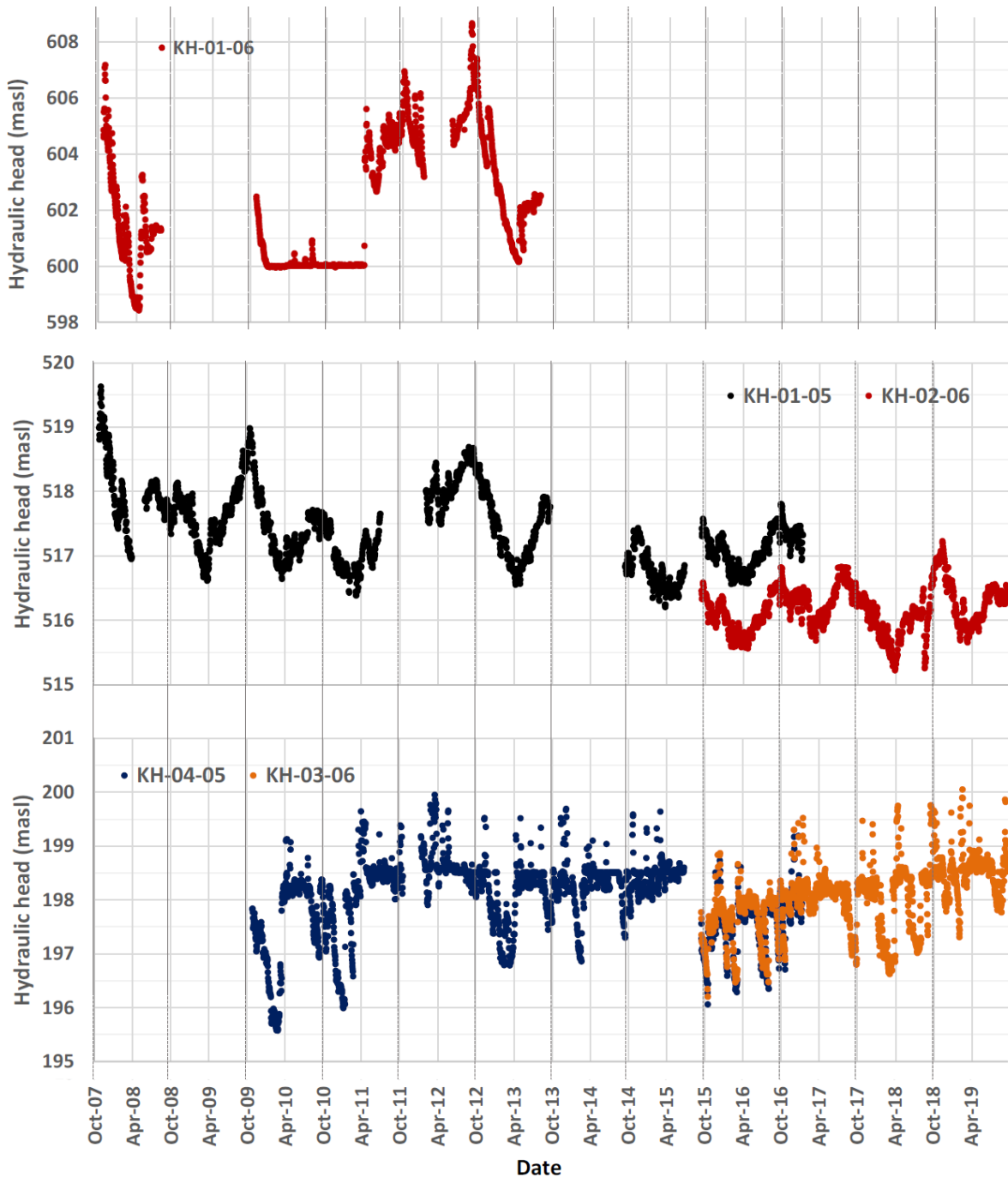
Vedlegg 2 – Tidsserier for målt grunnvannstand



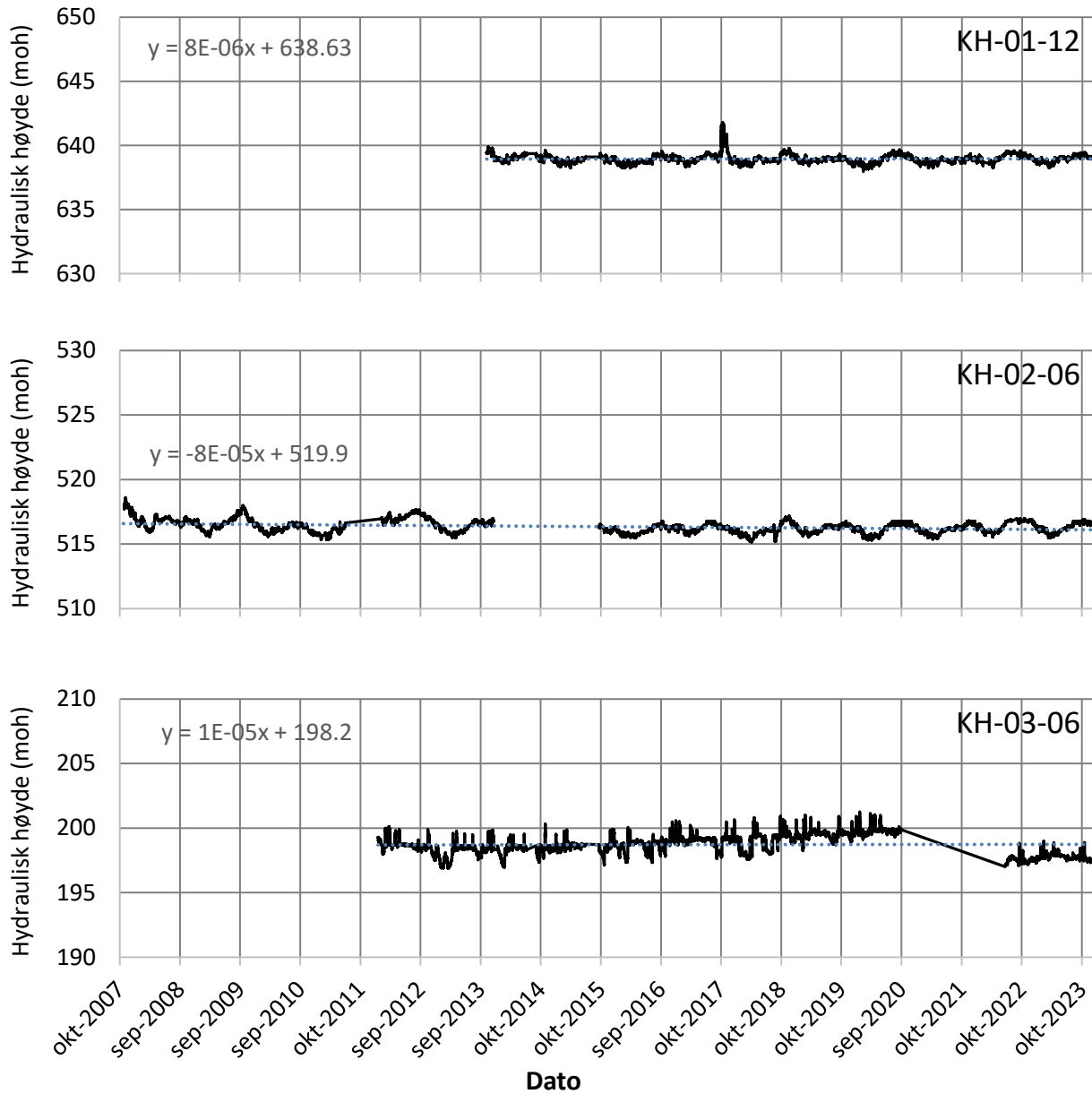
Figur 1. Oversikt over periodene dekket med grunnvannsstand målt på borehullene etablert i Åknes.



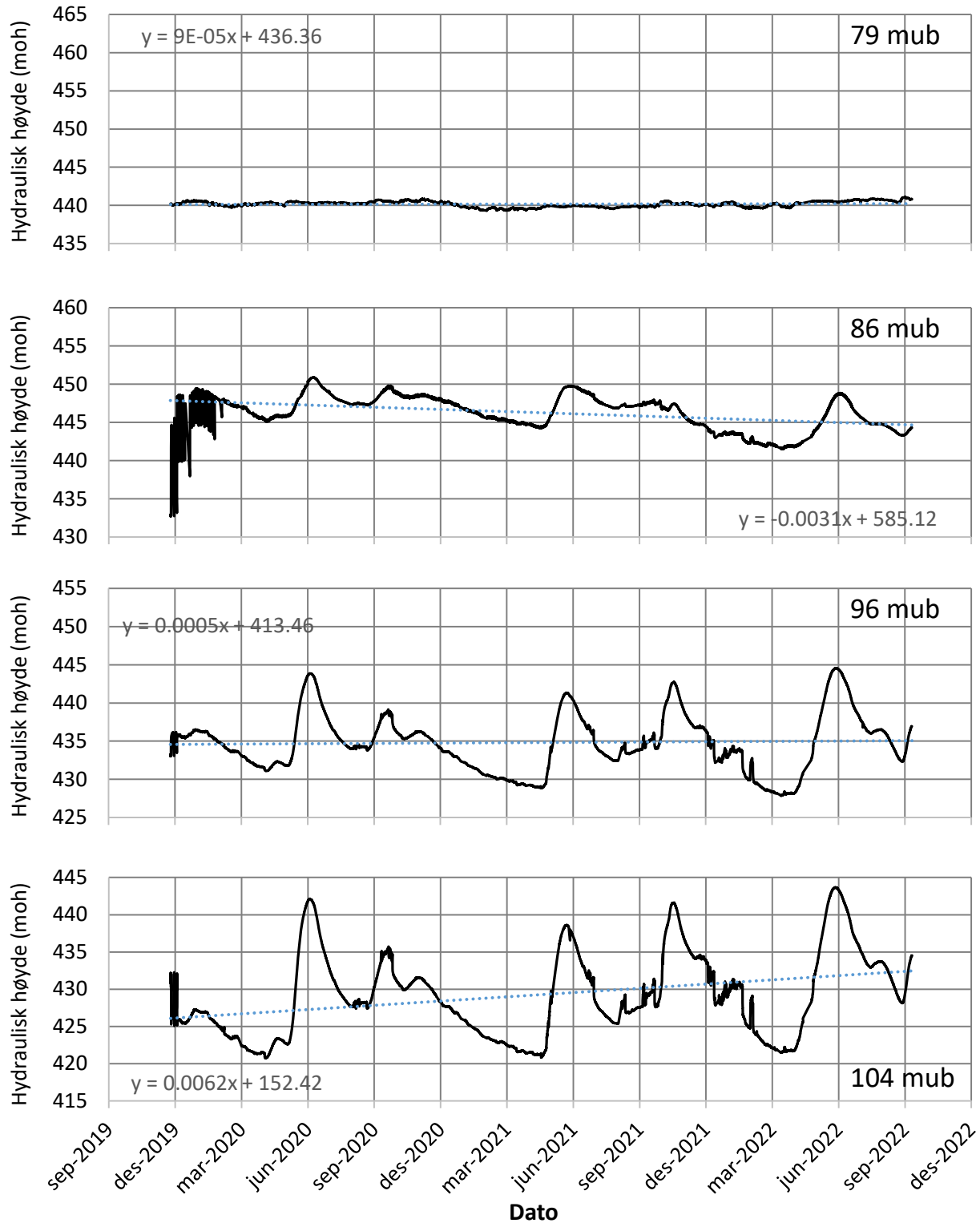
Figur 2. Instrumentering ved Åknes skredområde. Terrengkoter og skyggerelieffkart er hentet fra NVEs kartgrunnlag. Koordinatsystem ETRS89 NTM Sone 6.



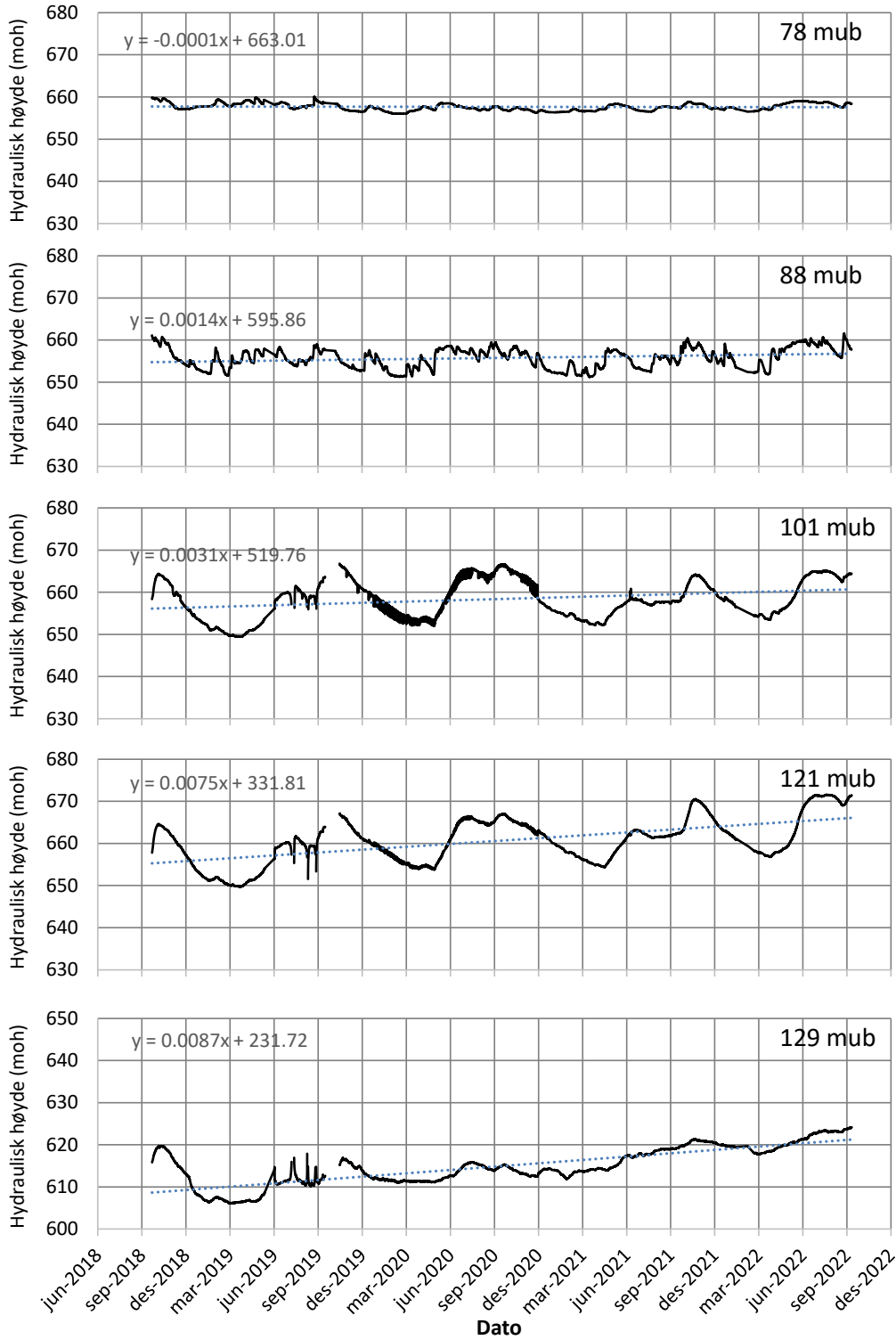
Figur 3. Tidsserier for målt grunnvannstand i borehullene KH-01-06, KH-01-05, KH-02-06, KH-04-05 og KH-03-06. Figur hentet fra Sena og Braathen (2021) [2].



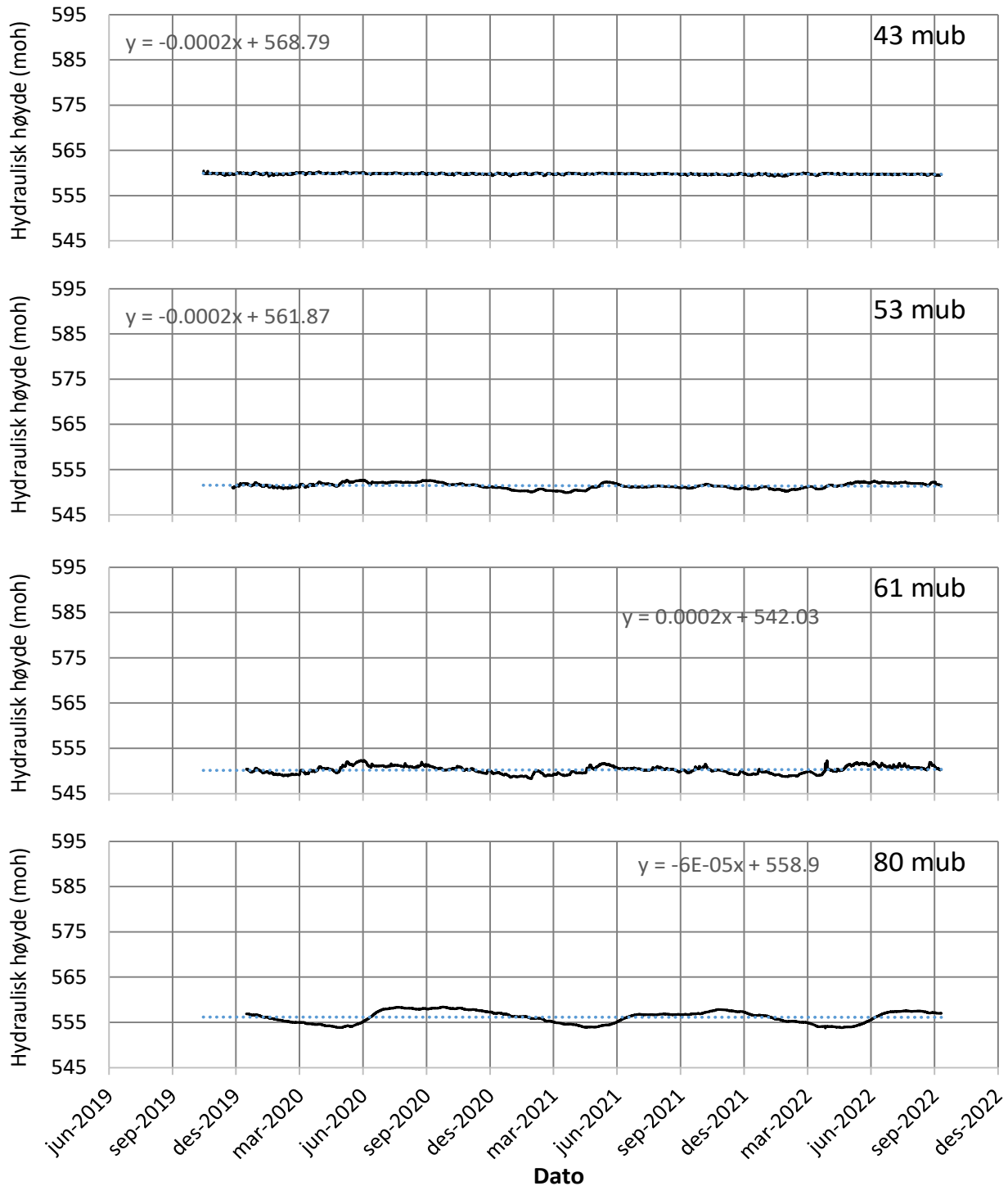
Figur 4. Tidsserier for målt grunnvannstand i borehullene KH-01-12, KH-02-06 og KH-03-06. Disse tidsserier er de som ble mottatt av Norconsult fra NVE i januar 2024, mens tidsserier som er hentet fra Sena og Braathen (2021), i Figur 2 har andre start- og sluttdatoer.



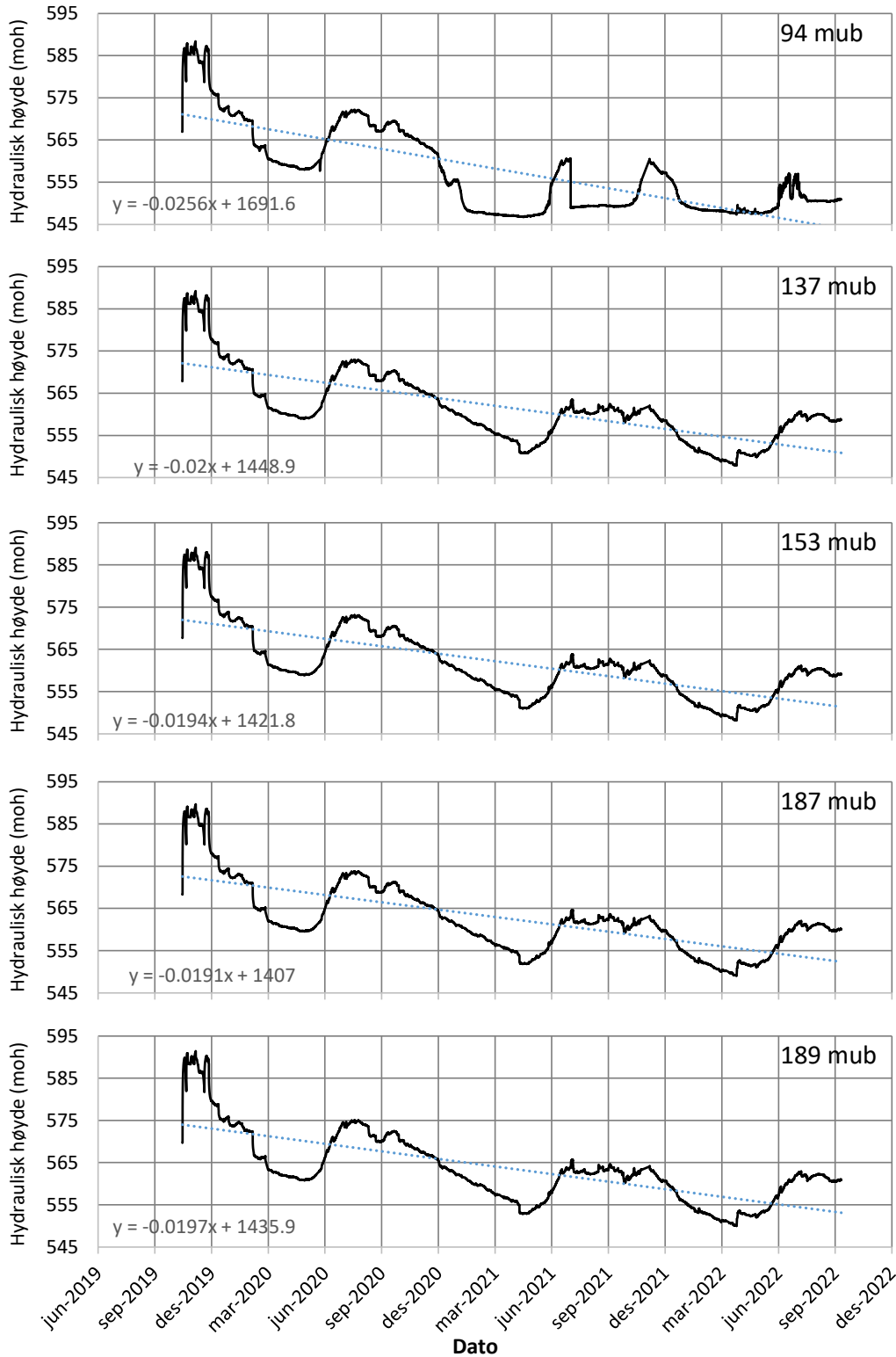
Figur 5. Tidsserier for målt grunnvannstand i borehull KH-01-17. Verdiene i mub viser plassering av vanntrykksensorene i meter under bakken. Ustabile datapunkter i starten av dataserien er filtrert ut for å hente minimum og maksimum i tidsserien.



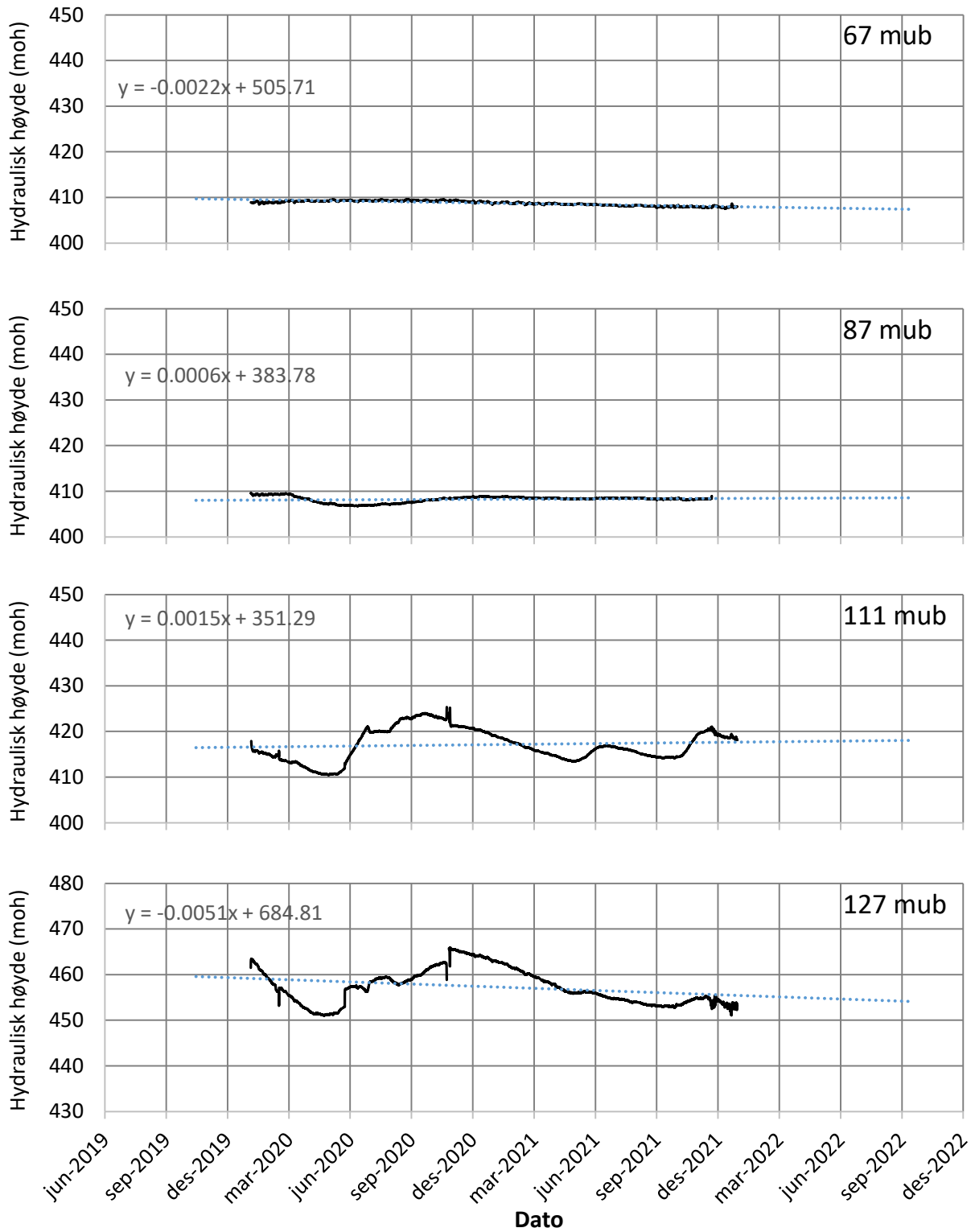
Figur 6. Tidsserier for målt grunnvannstand i borehull KH-02-17. Verdiene i mub viser plassering av vanntrykksensorene i meter under bakken.



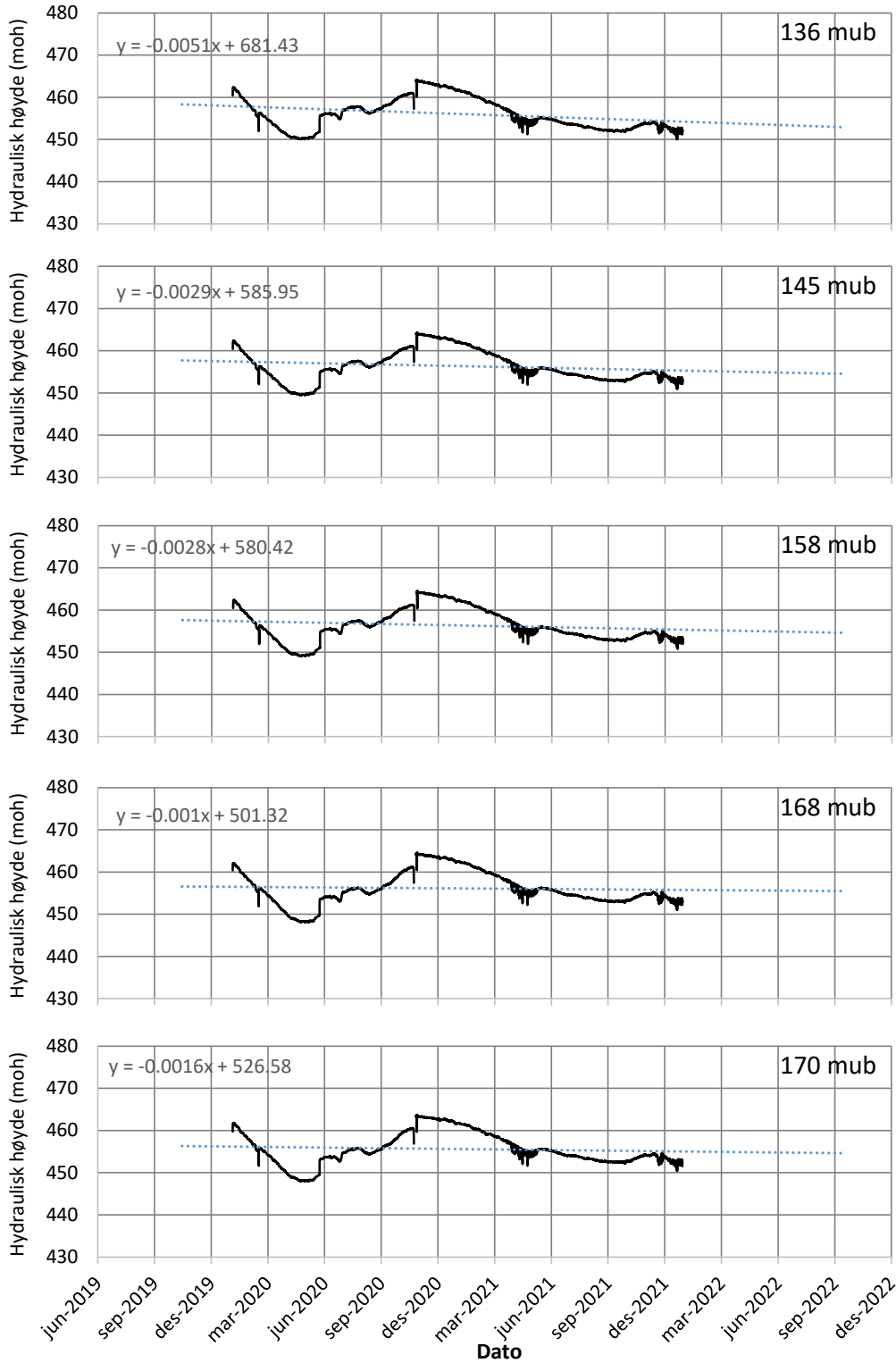
Figur 7. Tidsserier for målt grunnvannstand i borehull KH-01-18 (1 av 2). Verdiene i mub viser plassering av vanntrykkssensorene i meter under bakken.



Figur 8. Tidsserier for målt grunnvannstand i borehull KH-01-18 (2 av 2). Verdiene i mub viser plassering av vanntrykkssensorene i meter under bakken.



Figur 9. Tidsserier for målt grunnvannstand i borehull KH-02-18 (1 av 2). Verdiene i mub viser plassering av vanntrykksensorene i meter under bakken.



Figur 10. Tidsserier for målt grunnvannstand i borehull KH-02-18 (2 av 2). Verdiene i mub viser plassering av vanntrykksensorene i meter under bakken.

Vedlegg 3: Vurderinger av dreneringstunnelens plassering under skredområdet

Innledning

Norconsult Norge AS jobber på oppdrag fra Norges vassdrags- og energidirektorat med et forprosjekt for drenering av det ustabile fjellpartiet Åknes. En sentral del av dreneringstiltakene vil være en dreneringstunnel under det ustabile fjellpartiet. Vedlegg 3 oppsummerer vurderinger og anbefalinger hittil i forprosjektet vedrørende dreneringstunnelens avstand til skredområdet.

Vurdering av tillatte vibrasjoner ved tunneldriving under Åknes

Jordskjelvpåvirkning

Det er tidligere utført dynamiske analyser av Åknes skredområde. De dynamiske inngangsparameterne var basert på akselerasjoner fra jordskjelv med returperioder på 100 år og 1000 år. Det ble benyttet modeller med glideplan opp til 200 m dyp og grunnvannsforhold basert på feltundersøkelser som forelå. Det ble også utført analyser med antatte grunnvannsforhold med dreneringstiltak. Analysene indikerte at et jordskjelv med returperiode på 1000 år kan utløse dyptgående skred ved grunnvannsforhold som antatt basert på feltundersøkelser som forelå da analysene ble utført (2008). Analysene indikerte at et jordskjelv med returperiode på 100 år sannsynligvis ikke vil trigge et skred.

Tabell 1 gir en oversikt over relevante verdier for jordskjelv omregnet til svingehastighet. For omregninger fra akselerasjon til svingehastighet er sammenhengen mellom amplitude (A), frekvens (f), svingehastighet (V) og akselerasjon (a) benyttet:

$$V = 2\pi f A$$

$$a = (2\pi f)(2\pi f)A$$

Tabell 1: Tabellen viser verdier for vibrasjoner for 1000-års jordskjelv og 100-års jordskjelv.

Jordskjelv	Akselerasjon (g) ¹⁾	Frekvens (Hz) ²⁾	Amplitude (mm)	Svingehastighet (mm/s)
1000-års jordskjelv nær Tafjord	0,085	5	0,8449	26,5
100-års jordskjelv nær Tafjord	0,031	5	0,3081	9,7

¹⁾ Verdier er hentet fra [1]

²⁾ Frekvensnivå er satt med samme størrelsesorden som i [1]

Vurdering av vibrasjoner fra tunnelsprengning

På grunn av stor usikkerhet knyttet til bergets egenskaper (herunder bergart, sprekkeegenskaper, demping, ikke-linearitet) og detaljer rundt sprengningsprosedyrer, kan forventede vibrasjoner beregnes basert på empiriske formler som kalibreres med lokale målinger.

I Norge benyttes ofte beregningsformelen som er beskrevet i NTNU-modellen [2].

$$v = 500 \times c \times x \frac{Q^\alpha}{d^\beta}$$

v = vertikal svingehastighet (mm/s)

c = fjellfaktor

Q = enhetsladning (kg)

d = korteste avstand salve – målepunkt (m)

α = ladningsekspONENT (faktor for sprengstoffutnyttelse)

β = dempingskoeffisient (faktor for geometrisk demping, absorpsjon og oppsprekking)

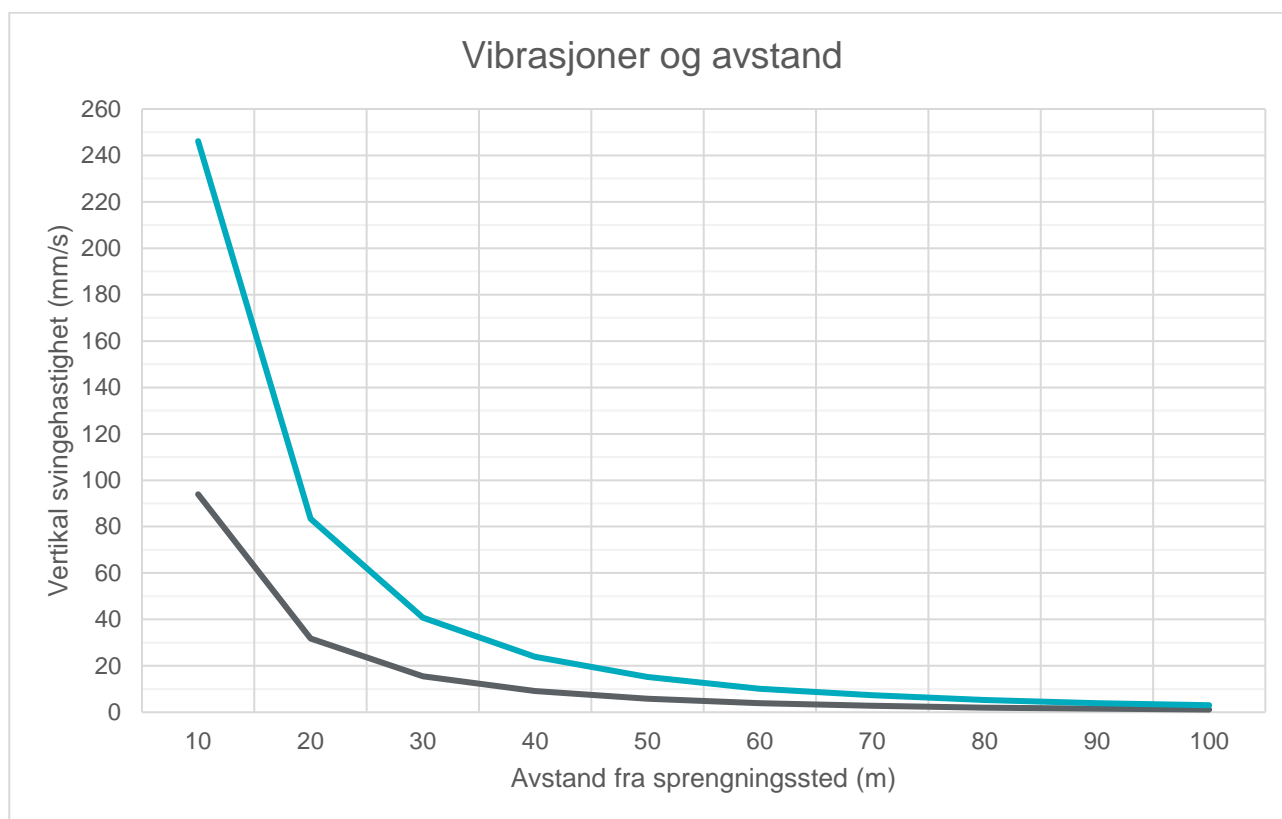
I [2] er det tabellverdier for hhv. fjellfaktor, ladningsekspONENT og dempingskoeffisient.

Basert på formelen over er det benyttet verdier som oppgitt i Tabell 2.

Tabell 2: Parametere benyttet i forenklede beregninger.

Parameter	Verdi	Referanse
Fjellfaktor	1,1	Figur 3.2 i [2]
Enhetsladning (kg)	6 – 20	Variabel
LadningsekspONENT	0,8	Tabell 3.1 i [2]
Dempningskoeffisient	Variierer med avstand	Figur 3.3 [2]

Figur 1 viser estimert størrelse på vibrasjonene i forhold til avstand beregnet ved teoretiske enhetsladninger på Q = 6 kg og Q = 20 kg.



Figur 1: Estimerte vertikale svingehastigheter som funksjon av avstand fra sprengningsstedet beregnet ved enhetsladning Q = 6 kg (svart strek) og Q = 20 kg (blå strek).

Vurdering av sprengningens påvirkning på skredområdet og vibrasjonskrav for skredområdet

Betraktningene over (delkapittel Jordskjelpåvirkning) indikerer at skredområdet tåler jordskjellvibrasjoner et sted mellom 10 og 26 mm/s. Ved et jordskjell vil hele skredområdet/glideplanet påvirkes samtidig. Ved sprengning vil det være en mindre andel av skredområdet som påvirkes, og dette vurderes å være en betydelig positiv effekt. På den negative siden gjelder lengre tidselement fra tunnelsprengning; dvs. gjentatt påvirkning fra tunnelsalver.

Fra Figur 1 ser man at vibrasjonene dempes betydelig med avstand. Ved f.eks. å benytte enhetsladning på 6 kg, kan det forventes vibrasjoner over 10 mm/s innenfor en avstand på 40 m. Dette utgjør eksempelvis ca. 1,5 % av volumet til skredscenario C (øvre vestre flanke, ref. [3]), eller i størrelsesorden 2,5 % av arealet til et tenkt sammenhengende glideplan i skredscenario C.

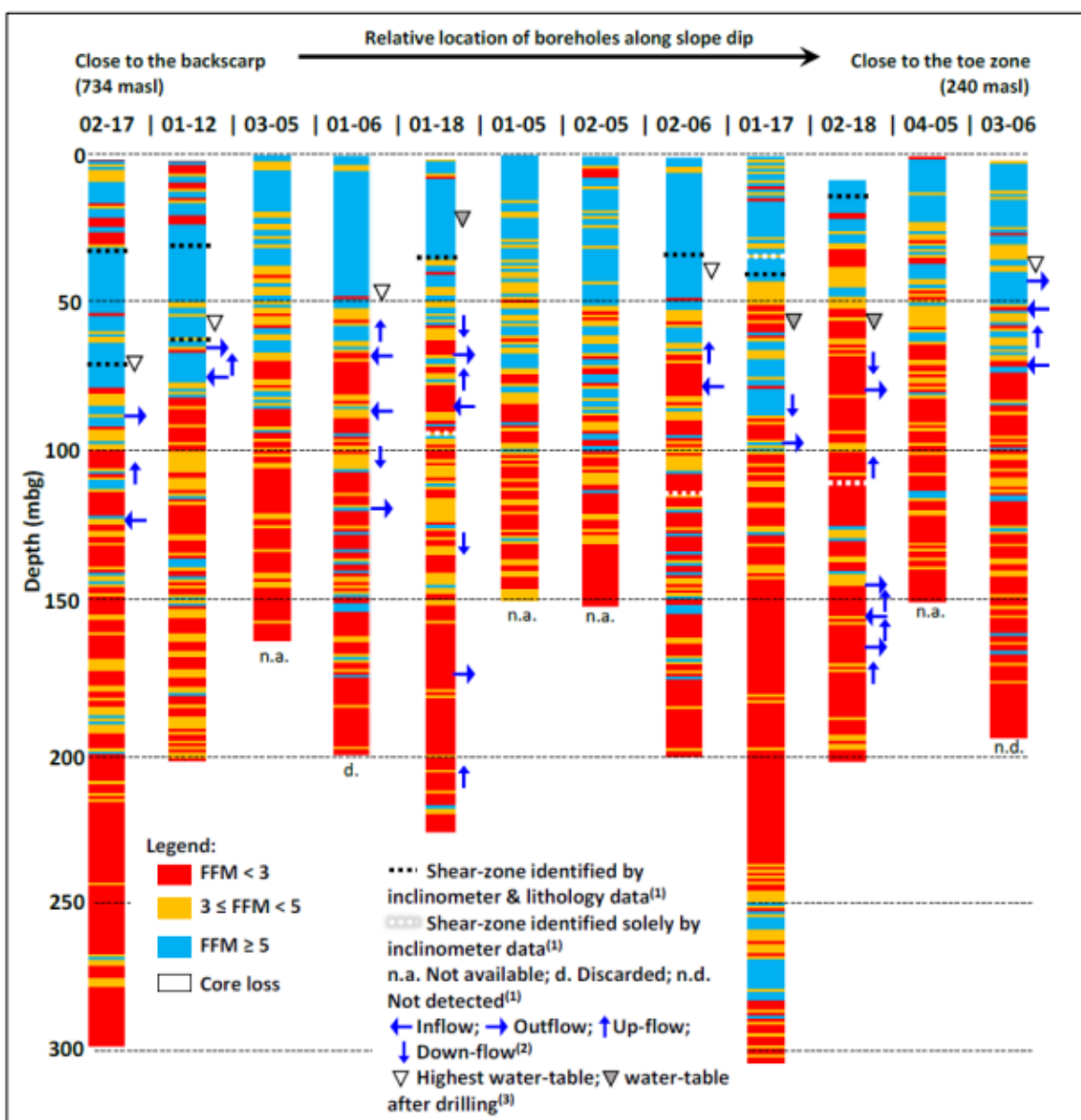
Disse vurderingene stemmer med tilbakemeldinger NVE fikk under sin studietur til Canada og BC Hydro: Tilbakemeldingen var at sprengning ikke er kjent utløsende faktor, men at jordskjelv er kjent som utløsende faktor [4]. Det er mange eksempler på at det er drevet tunneler i potensielle fjellskredområder som dreneringstiltak [3], og man kjenner ikke til at sprengningsinduserte vibrasjoner har utløst fjellskred.

Fordi man ikke kan være helt sikker på om og eventuelt hvordan vibrasjoner fra gjentatte tunnelsalver påvirker skredområdet, vurderes det å være fornuftig med et konservativt vibrasjonskrav. Et vibrasjonskrav på 25 mm/s for toppverdi av vertikal svingehastighet foreslås som et utgangspunkt. Dette er i øvre område sett i forhold til jordskjelvanalysene, men vurderes likevel å være konservativt i forhold til at det ved hver sprengning vil være en svært liten del av skredområdet som påvirkes. Til sammenlikning er 25 mm/s en verdi som benyttes ved f.eks. ømfintlig bebyggelse fundamentert på berg. Basert på overvåking og erfaring under tunneldrivingen kan vibrasjonskravet revurderes.

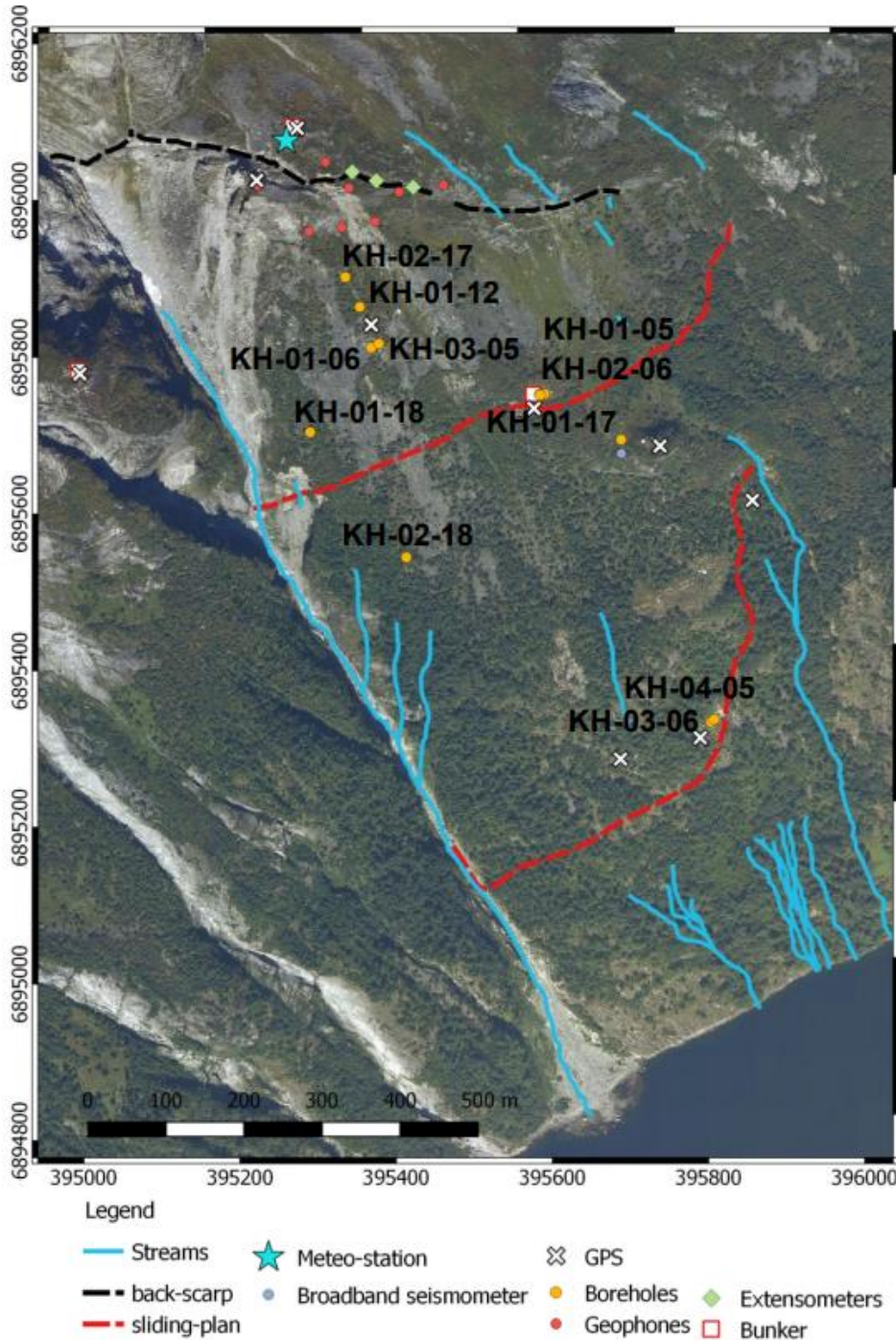
Vurderinger av skredområdets dybde

Figur 2 viser identifiserte skjærsoner i borehull ved Åknes og Figur 3 viser borehullenes plassering. Det er identifisert bevegelser/skjærsoner ned til +/- 100 m i tre borehull. Datagrunnlaget viser at det finnes flere nivåer av glideplan og at glideplanene ikke synes å være kontinuerlige/gjennomsettende i hele området. Store områder er heller ikke undersøkt.

Det vurderes å være betydelig usikkerhet knyttet til skredområdets dybde og hvordan dette varierer. Som en første antakelse forslås at det benyttes en dybde på skredområdet på 100 m, og at denne dybden settes lik for hele arealet.



Figur 2: Sprekkfrekvens for de 12 kjerneborehullene ved Åknes [5]. Identifiserte skjærsoner er markert med stiplede linjer. Borehullenes plassering i fjellsiden er vist i bildet på Figur 3.



Figur 3: Borehullenes plassering i fjellsiden (KH = kjerne hull) [5].

Vurderinger om tunnelstabilitet

Et tunnelanlegg som ligger inne i et ustabil fjellmassiv blir påvirket av de pågående deformasjonene og det må påregnes utfordringer knyttet til tunnelens stabilitet over tid. Dette er bekreftet i praksis, bl.a. ved Downie Slide, hvor dreneringstunnelen er plassert i aktiv sone mellom to glideplan [4].

Det vurderes derfor fornuftig å plassere dreneringstunnelen utenfor selve skredområdet. Samtidig er nærhet til skredområdet gunstig både i forhold til dreneringseffekten for selve tunnelen og nødvendig lengde på eventuelle dreneringshull fra tunnelen og inn i skredområdet.

Selv om dreneringstunnelen plasseres utenfor selve skredområdet, må det antas pågående kryptformasjoner i tunnelen på grunn av endringer i spenningsforhold som følge av bevegelser i fjellsiden utenfor. Det må forventes behov for spesiell dimensjonering av bergsikring og overvåking over tid for å følge opp tunnelens stabilitet. En aktuell metode kan være bruk av polyesterforankrede bolter hvor man monterer lastceller som overvåker belastning på boltene. Ved en gitt utnyttelsesgrad (må vurderes nærmere) vil det være nødvendig å sette nye bolter og avlaste de gamle. I kombinasjon med dette, kan det monteres ekstensometre i tunnelen som kan registrere bevegelser over tid. Detaljer omkring metoder og overvåkingsprogram for tunnelstabilitet må vurderes videre i forbindelse med detaljprosjektering.

Anbefalinger

Forutsetninger for prosjektering i forprosjektet

- Det anbefales at tunnelen plasseres utenfor aktiv sone i skredområdet. Utstrekning av aktiv sone er imidlertid beheftet med stor usikkerhet. Som en første antakelse foreslås at det benyttes en dybde på skredområdet på 100 m.
- Det foreslås en sikkerhetsavstand på 20 m i forhold til skredområdets påvirkning på tunnelstabiliteten og i forhold til tunneldrivingens påvirkning på skredområdet (vibrasjoner).
- Basert på vurderinger om vibrasjoner og påvirkning på skredområdet foreslås et vibrasjonskrav på maks 25 mm/s.

Undersøkelser og overvåking under bygging

Undersøkelser fra tunnelen under bygging

Når tunnelen nærmer seg skredområdet og ved tunneldriving under skredområdet vil det være fornuftig med undersøkelser fra tunnelen i form av sonderboringer og/eller kjerneboringer for å undersøke bergmassekvalitet og vannforhold foran stuff og avstand ut til skredområdet.

Overvåking under tunneldriving

Det bør utføres vibrasjonsmålinger for å registrere vibrasjoner fra tunneldrivingen. Videre forventes det at man ved hjelp av eksisterende overvåkingsprogram kan registrere om det skjer endringer i bevegelsene i skredområdet. Det er per nå ikke vurdert om det kan være behov for å supplere instrumenteringen.

Trinnvis tilnærming og forsiktig sprengning

Det anbefales en trinnvis tilnærming hvor man ved hjelp av overvåking observerer hva som skjer når tunnelen nærmer seg skredområdet. Med utgangspunkt i foreslått vibrasjonskrav og avstand til skredområdet må det gjennomføres forsiktig sprengning. Det er flere aktuelle tiltak for å redusere vibrasjonene ved tunneldrift, f.eks. justering av tennplaner, reduksjon av sprengladninger, korte ned salvelengden og dele opp tverrsnittet. Justering av tennplanen og reduksjon av enhetsladning forventes å være første tiltak.

Eventuell justering av trasé under bygging

Basert på undersøkelser og overvåking under tunneldriving kan det være relevant å justere traseen for å redusere/øke avstanden til skredområdet eller for å tilpasse seg ny kunnskap om skredområdets dybde. Det bør legges opp til at det er fleksibilitet for justering av traseen under driving.

Referanser

- [1] Kveldsvik V., Kaynia A.M., Nadim F, Bhasin R., Nilsen B, Einstein HH. (2008): Dynamic analysis of the 800 m high Åknes rock slope using UDEC
- [2] NTNU Institutt for bygg- og anleggsteknikk 1998: Prosjektrapport 14A-98 Fjellsprengningsteknikk, sprengning med restriksjoner
- [3] NVE rapport 22/2021: Possibility for using drainage as mitigation to increase the stability of the Åknes rock-slope instability, Stranda in western Norway
- [4] NVE 2022: Åknes dreneringsprosjekt – forprosjektfase: Studietur til Revelstoke i British Colombia, Canada og BC Hydro
- [5] Clara Sena og Alvar Braathen 2021: Åknes rock-slope failure hydrogeology final report

Vedlegg 4: Arbeidsgrunnlag hydrologi

1 Innledning

Norconsult Norge AS jobber på oppdrag fra Norges vassdrags- og energidirektorat med et forprosjekt for drenering av det ustabile fjellpartiet Åknes. En sentral del av dreneringstiltakene har vært avskjæringsgrøfter ovenfor baksprekken. Vedlegg 4 oppsummerer datagrunnlag, vurderinger og anbefalinger hittil i forprosjektet vedrørende avskjæringsgrøfter.

Premisser for avskjæringsgrøfter er:

- Grunnvannstrykket har sesongmessige svingninger.
- Individuelle nedbørshendelser ser ikke ut til å bidra vesentlig til bevegelser i skredområdet.
- De største bevegelsehastighetene skjer typisk i november – desember som et resultat av den kumulative effekten av nedbør og snøsmelting mellom mai og desember.
- Avrenning over baksprekken renner primært på overflaten og i jordhorisonten, opptil 0,5 – 1,0 m under bakken. Unntaket er ur-områdene, hvor vannet kan renne flere meter under bakken langs overgang mellom løsmasse og berg.

På bakgrunn av premissene listet ovenfor, blir prosjektering av avskjæringsgrøfter styrt av følgende antagelser:

- Det er ikke nødvendig å avlede alt vannet fra ekstreme nedbørhendelser, men ekstreme nedbørhendelser må ikke skade avledningssystemet.
- Kapasiteten til grøftesystemet må være av en viss mengde for at det skal være noe gevinst. Det vil være relevant med en optimalisering mellom avledningsskapasitet, driftssikkerhet og kostnad vs. effekt i forbindelse med videre arbeider i forprosjektet.
- Grøftesystemet prosjekteres for å motstå en 200-års nedbørhendelse (designflommen) med en sikkerhetsfaktor for framtidige endringer i nedbør (klimapåslag). I forbindelse med videre arbeider i forprosjektet må det vurderes om dette er tilstrekkelig.
- For endelig konsept i forprosjektet blir det avgjørende å definere til hvilken grad grøftene trenger å være frostfrie, og eventuelt i hvilke tidsperioder. Dette har konsekvenser for grøftegeometrien og tilhørende massevolum, samt materialegenskaper og levetid.

2 Terrengmodell

Terrengmodellen er benyttet for å avgrense nedbørfelt oppstrøms baksprekken, generere dreneringsnett (avrenningsveier), lage helningskart og vurdere plassering av avskjæringsgrøfter.

2.1 Tilgjengelige terrengdata

Følgende datagrunnlag var tilgjengelige vår 2024:

- LiDAR-data fra 2015, med en punkttetthet på 2 pkt./m², er offentlig tilgjengelig på høydedata.no og mottatt som en del av grunnlagsdataene oversendt fra NVE. Denne LiDAR-innsamlingen ble utført over flere flyrunder, noe som gjør det vanskelig å fastsette en eksakt dato for terrengmodellen. Flystripene som dekker analyseområdet, ble fløyet på følgende datoer: 14.08.2015, 09.09.2015, 28.10.2015 og 08.09.2016.
- 1 m DTM (digital terrengmodell) fra høydedata.no.
- Konturlinjer (1 m ekvidistanse) er mottatt som en del av grunnlagsdataene oversendt fra NVE, med usikkert datagrunnlag.
- Fotogrammetri. Dette grunnlaget når ikke helt opp til Flosteinsnibba og kan derfor ikke brukes for kartlegging av avrenningsveier i hele nedbørfeltet eller for avgrensning av nedbørfelt. Fotogrammetri-punktene er ikke klassifisert, og det er observert noen snøflekker under oppmålingen. Disse områdene ligger innenfor område 1, som ble oppmålt 6. juni 2023 ifølge NVE [1]. En grov analyse i SeNorge indikerer at det kan ha vært snø til stede under oppmålingen.
- Batymetri: En 1 m ekvidistanse batymetrimodell av fjorden er mottatt som en del av grunnlagsdataene oversendt fra NVE. Det er ikke oppgitt en dato til dataopptaket.

2.2 Endelig terrengmodell

Endelig terrengmodell er i koordinatsystem ETRS89 NTM6 med høydesystem NN2000.

Tre terrengmodeller er opprettet:

1. 1 x 1 m med batymetri i fjorden (basert på LiDAR-data fra 2015)
2. 0,5 x 0,5 m uten batymetri (basert på LiDAR-data fra 2015)
3. 0,25 x 0,25 m begrenset område oppstrøms baksprekken (basert på fotogrammetri fra 2023)

2.2.1 Terrengmodell med batymetri i fjorden

Denne modellen er sammensatt av en 1 m DTM fra høydedata.no filtrert for alle høyder større enn 0 moh. Den er slått sammen med batymetrien i fjorden for alle høyder lavere enn 0 moh. Denne modellen er benyttet av andre fag.

2.2.2 Terrengmodell uten batymetri

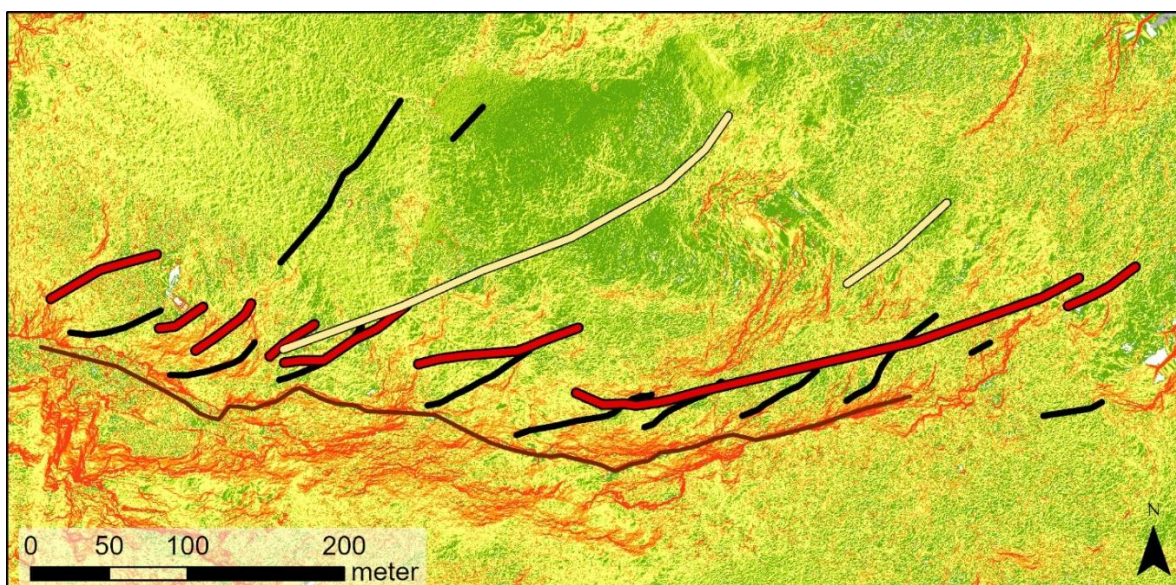
Terrengmodellen uten batymetri er basert på punktskyen (.laz) fra prosjektet NDH Møre Vest 2 pkt. 2015, som er filtrert for bakkepunkter. Prosesseringen er utført i GlobalMapper versjon 24.0. Det er flere flystriper som dekker analyseområdet, noe som gjør det vanskelig å fastsette datoen til opptaket. Det er tegn til noen mindre snøflekker. Det er forsøkt å ta hensyn til dette under interpolering og prosessering av punktskyen, men det er ikke mulig å fjerne alt snøen fra modellen og erstatte den med noe annet. Konklusjonen er at det har lite påvirkning på overordnede analyser utført i fase 1. Denne terrengmodellen benyttes for beregning av avrenningsveier og avgrensning av nedbørfelt.

2.2.3 Terrengmodell for begrenset område oppstrøms baksprekken

Det er også opprettet en terrengmodell som tar utgangspunkt i NVEs fotogrammetri fra 2023. Punktskyen har en tetthet på 200-7000 pkt./m² målt i det horisontale planet. Det er flere subvertikale klippevegger som har stor punkttetthet. Den reelle punkttettheten per m² er dermed betydelig lavere. Terrengmodellen er opprettet med 0,25 m oppløsning. Det er flere områder som har romslig oppløsning, spesielt på den østlige delen ovenfor baksprekken. Siden punktskyen ikke er klassifisert, ble alle opptakspunkter benyttet for å generere terrengmodellen. Prosesseringen er utført i GlobalMapper versjon 24.0. Terrengmodellen dekker ikke hele området oppstrøms baksprekken og er kun benyttet til å opprette en helningskart for vurdering av grøfteplassering.

2.3 Helningskart

Helningskart (Figur 1) og konturlinjer er generert for å vurdere plassering av avskjæringsgrøfter. De er beregnet fra terrengmodellen fra 2023 (LiDAR) med 0,25 m oppløsning. ArcGIS Pro 3.0.3 er benyttet for prosessering.



Tegnforklaring

— Grøfter alternativ 1	Terrenghelning i grader	
— Grøfter alternativ 2	□ 0 - 10	□ 30 - 45
— Grøfter alternativ 3	□ 10 - 25	□ 45 - 60
— Baksprekken (ca. plassering)	□ 25 - 30	□ 60 - 90

Figur 1. Helningskart i grader basert på terrengmodellen fra LiDAR 2023. De ulike grøftealternativene som er vist på kartet er nærmere omtalt i kapittel 5.

2.4 Usikkerheter og videre anbefaling

Skred og erosjon kan endre terrenget, og terrengmodellen er ikke statisk.

I løpet av fase 1 ble det konkludert at det er behov for en oppdatert terrengmodell til videre prosjektering. NVE utførte i september 2024 et nytt skann i snøfritt område. Opptaket dekker hele området ovenfor baksprekken. Oppdatert terrenggrunnlag er ikke mottatt ennå, men den vil bli beskrevet i forbindelse med videre arbeider i forprosjektet og sammenlignet med terrengmodellen fra 2015.

3 Avrenningskart og nedbørfelt

Antagelser om avgrensning av nedbørfeltet inkluderer:

- Kartlegging av avrenningsveier fra terrengmodellen og avgrensninger av lokale nedbørfelt er beregnet kun med hensyn til overflatevann. De tar ikke hensyn til infiltrasjon og/eller grunnvannstrømning i løsmasseavsetninger. Det er observert vannkilder ovenfor baksprekken, og disse tyder på at det må være noe vann som renner under bakken.
- Avgrensning av området som bidrar til grunnvannsdannelse ovenfor baksprekken har samme avgrensning som nedbørfeltet beregnet med hensyn til overflatevann. Dette er en vanlig antagelse, men den har betydning for vurdering av dreneringseffekten til avskjæringsgrøfter.

Det er mye usikkerhet knyttet avrenningsveier, spesielt over ur-områdene og andre type løsmasser. Terrengdatagrunnlaget er fra 2015. Det er få tydelige søkk i terrenget, og terrenget er dynamisk pga. skred. Det er små endringer som skal til for at avrenningsveiene endrer retning.

3.1 Kartlegging av avrenningsveier

ArcGIS Pro versjon 3.0.3(GIS-programvare) er benyttet for å kartlette avrenningsveier. Følgende geoprosesseringsverktøy ble benyttet: Terreng → Fill → Flow Direction (D8) → Flow Accumulation → Raster Calculator (Con statement, 500) → Stream Order (Strahler) → Stream to Feature.

Scalgo Live er et analyseverktøy som benyttes for å enkelt kunne gjøre analyser av vann på overflaten.

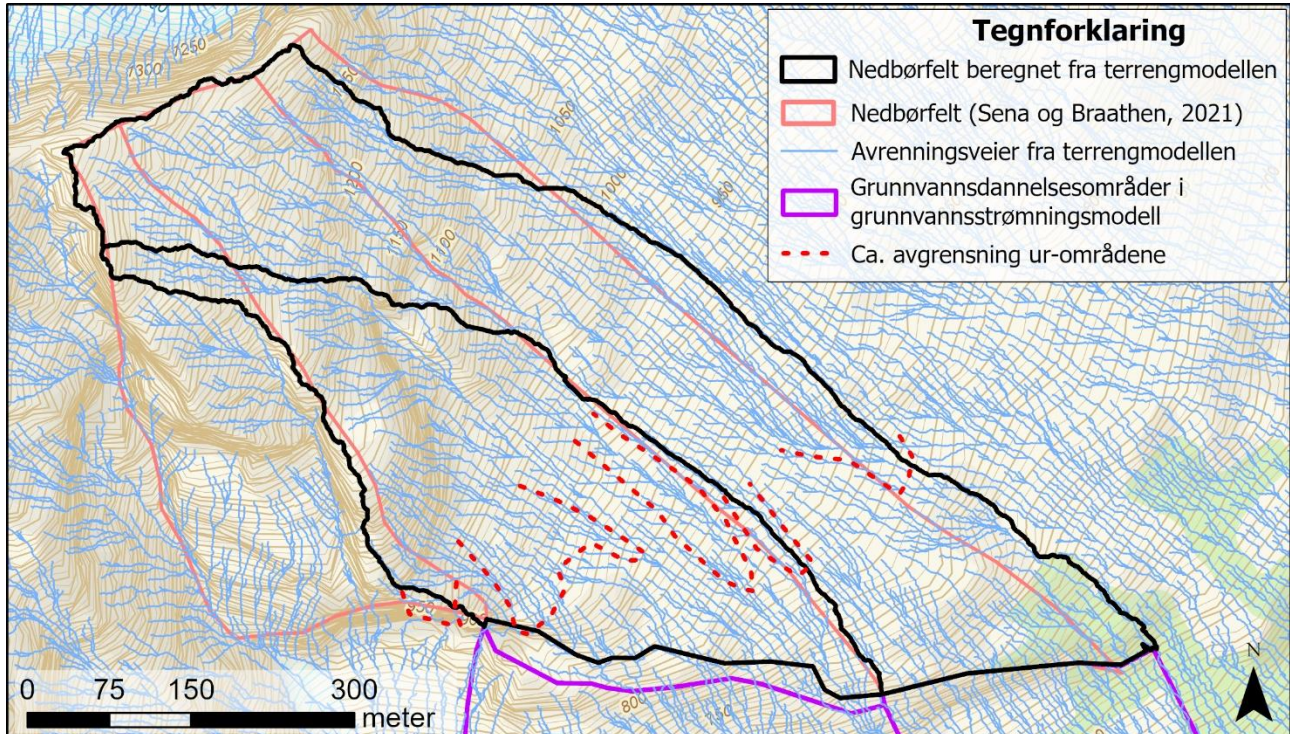
Scalgo er brukt som et hjelpemiddel underveis i vurderingene. De første grøftene ble skissert i Scalgo i henhold til avrenningslinjer for å estimere hvor mye vann som kunne bli avskåret.

I tillegg er avrenningslinjer i Scalgo benyttet til å sammenlikne med resultater fra ArcGIS Pro for å verifisere resultatene. I Scalgo er terrenggrunnlag som var tilgjengelig importert slik at det var det samme som i ArcGIS Pro. Scalgo er også brukt til å vurdere de ulike tilgjengelige datagrunnlagene i den innledende fasen.

Beregnete avrenningsveier samsvarer godt med observasjoner gjort under befaringsnotat, som beskrevet i Vedlegg 5: Befaringsnotat hydrologi – Åknes.

3.2 Avgrensning av nedbørfelt

Nedbørfelt er generert fra terrengmodellen i ArcGIS Pro. Den er delt i to nedbørfelt for å samsvare med oppdeling av grunnvannsdannelsesområder til MODFLOW modellen (Figur 2). Området som drenerer til den vestlige delen er på ca. 0,107 km² og området som drenerer til den østlige delen er på ca. 0,154 km².



Figur 2. Dreneringskart generert fra terrengmodellen i ArcGIS Pro og tilhørende delnedbørfelt. Nedbørfeltene er sammenlignet med tidligere anslåtte nedbørfeltgrenser for dreneringen til de ulike delene av baksprekken. Det er mye usikkerhet tilknyttet avgrensninger av delnedbørfelt, spesielt der grensene krysser ur-områder.

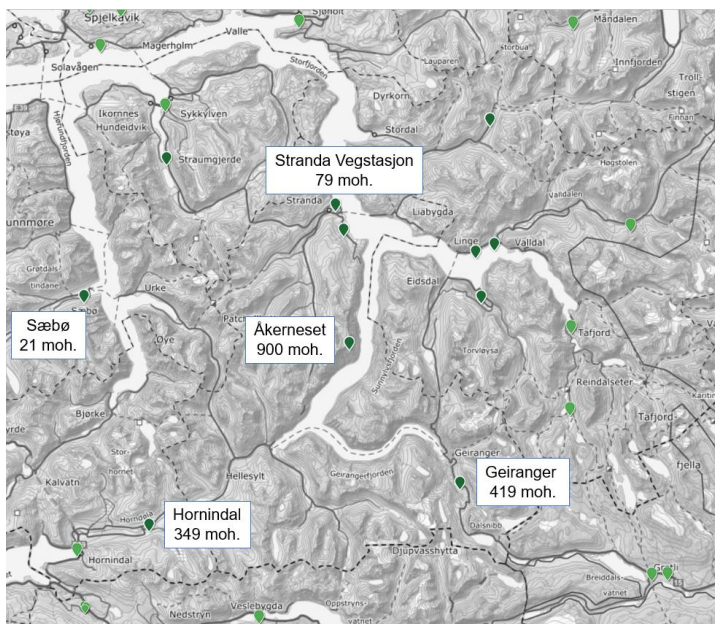
4 Hydrologiske beregninger

4.1 Sjeldne returperioder for nedbør

Det er utført en overordnet vurdering av designflommen som grøftesystemet eventuelt må tåle. Det er vurdert både en 50- og 200-års nedbørhendelse. Denne vurderingen utdypes i forbindelse med videre arbeider i forprosjektet.

Grunnlagsdata og tilhørende beregninger / prosesseringsmetoder som er benyttet inkluderer:

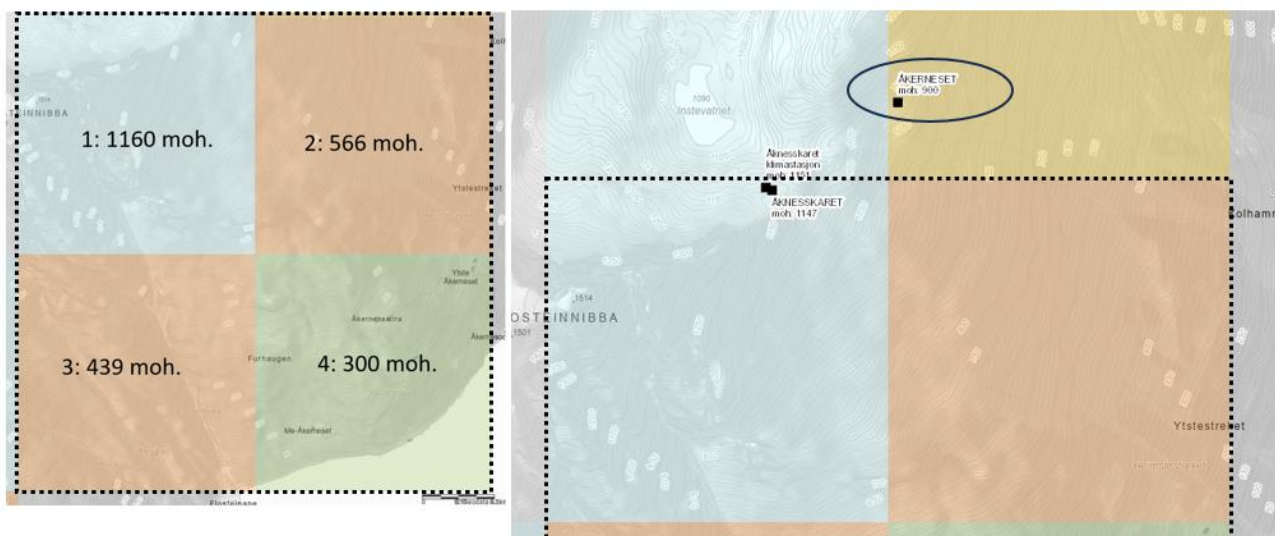
- Nærliggende nedbørstasjoner fra MET Observasjoner og værstatistikk - Seklima (met.no). Data er hentet ut med døgnoppløsning. Antall døgn per år er vurdert, og dataperioden er fastsatt etter å ha fjernet år med få datapunkter. Sum av nedbør fra hvert år er beregnet, samt maks. nedbør fra hvert år. Deretter er en Gumbel fordelingsfunksjon utført på maks. nedbør fra hvert år for å beregne 50- og 200-årsreturperiode. Fem stasjoner er benyttet: En som ligger på Åknes på 900 moh., samt fire andre nærliggende stasjoner. Stasjoner er valgt basert på tidsperiode og nærhet til Åknes. Flere andre stasjoner i dette området er utelatte på grunn av en begrenset dataserie, dvs. en kort serie og/eller en serie som avsluttet for mange år siden. Stasjoner som er benyttet er vist i Figur 3.



Figur 3. Nedbørstasjoner benyttet i analysen.

- IVF-kurve fra Åndalsnes <https://klimaservicesenter.no/ivf?locale=nb>. IVF er en forkortelse for intensitet, varighet og frekvens. En IVF-kurve beskriver nedbørintensitet (I) for ulike varigheter (V) som kan forventes å forekomme med en viss hyppighet eller frekvens (F). Stasjonen som er benyttet for å lage kurven ligger på 4 moh. Kvalitetsklassen er satt til klasse 3 (svært usikker). Dette er hovedsakelig på grunn av en kort serie, med data fra 2011-2022 da data ble hentet ut i vår 2024.
- Xgeo. <https://www.xgeo.no/> Xgeo er en kartportal som inneholder blant annet vannkart med ulike hydrologiske parametere [2]. Den kombinerer feltobservasjoner og målestasjoner med modeller for å beregne ulike klimadata med en 1 x 1 km oppløsning for hele Norge. De fleste kartene går tilbake til 1957. Databehandling fra Xgeo benytter samme prosedyre som den benyttet for nedbørstasjoner. Det er

utført statistikk på flere parametere, også med annen tidsoppløsning der det er tilgjengelig (3-timersoppløsning for nedbør). Xgeo består av beregningsceller med 1 km² oppløsning. Det er fire celler som dekker skredområdet, som vist i Figur 4. Det er tatt utgangspunkt i en celle som har en gjennomsnittlig høyde på 1160 moh. og som ligger sentrert over nedbørfeltet oppstrøms baksprekken.

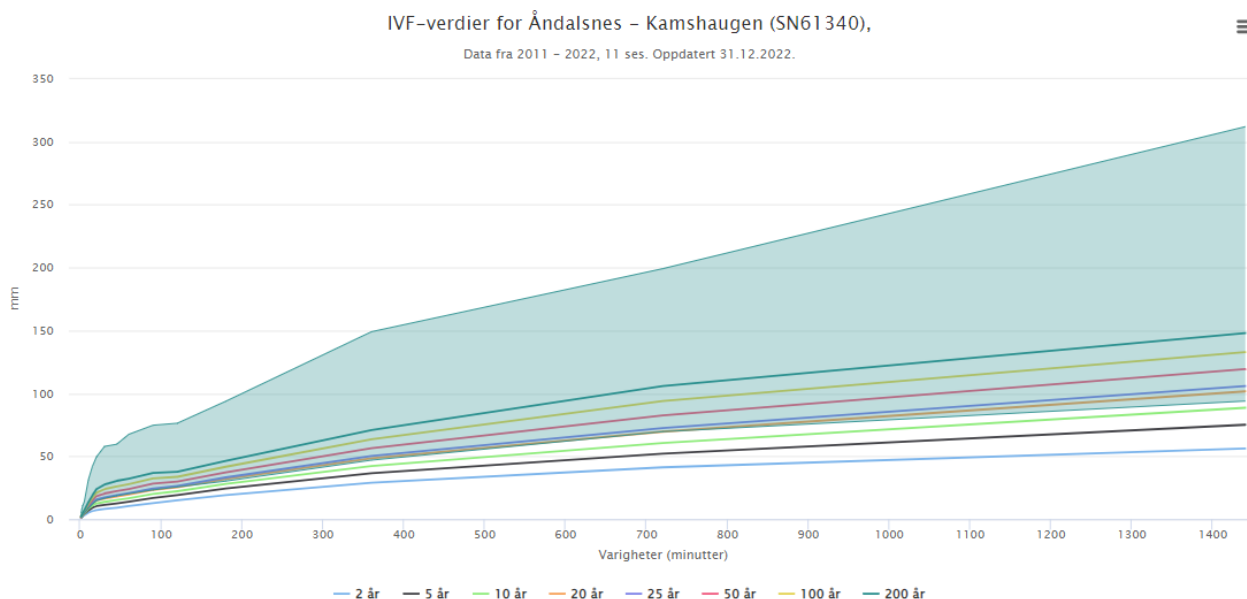


Figur 4. Beregningscelle nr. 1 med gjennomsnittlig høyde på 1160 moh. er benyttet i vurderingen. Målestasjonen Åkneset på 900 moh. er vist til venstre.

Analysen for nedbørstasjoner er vist i Tabell 1, Figur 5 og Tabell 2. Nedbørstasjonen Åkneset har egentlig ikke nok år med data for å utføre en pålitelig statistisk analyse for en 200-års returperiode, og grunnlaget fra denne stasjonen er usikkert. Den er likevel tatt med i Tabell 1 for en overordnet vurdering.

Tabell 1. Analyse av utvalgte nedbørstasjoner vist i Figur 3.

Stasjon nr.	Stasjon	Tidsskritt	Tidsperiode	Antall år	Nedbør (mm/døgn)				Gj.snitt. årlig nedbør mm/år
					Gj. snitt. av maks. verdier	50-årsverdi	200-årsverdi	Størst observert	
SN60300	Geiranger	1døgn	1904-2005	102	51.2	81.3	93.9	80.3	1315
SN58960	Hornindal	1døgn	1900-2023	124	56.9	87.6	100.4	96.2	1810
SN59900	Sæbø	1døgn	1973-2018	46	72.8	120.7	140.8	122.2	2158
SN60240	Åkneset	1døgn	2012-2020*	9	60.9	102.0	119.3	89.2	1349
SN60210	Stranda Vegstasjon	1døgn	1980-2002	23	50.29	85.3	100.0	76.2	1336



Figur 5. IVF-kurven. 200-års usikkerhetsintervall er uthøvet med grønt polygon.

Tabell 2. Analyse av celle nr. 1 i xgeo som vist i Figur 4.

Parameter	Tidsskritt	Tidsperiode	Antall år	Nedbør (mm/døgn)				Gj.snitt. årlig verdi mm/år
				Gj. snitt. av maks. verdier	50-årsverdi	200-årsverdi	Størst observert	
Nedbør	3 timer	2010-2023	14	14.6	22.4	25.7	21.0	1479
Nedbør	1 døgn	1957-2023	67	64.3	107.3	125.3	121.9	1674
Avrenning	1 døgn	1957-2023	67	42.9	65.5	75.0	68.8	3056
Snøsmelting	1 døgn	1958-2023	66	29.70	41.4	46.2	40.0	1351
Regn og snøsmelting	1 døgn	1958-2023	66	66.14	112.3	131.7	117.0	2034

4.2 Hydrologisk grunnlag for vurdering av grunnvannsdannelse

Vurdering av grunnvannsinfiltrasjon er veldig usikker på grunn av manglende felldata ovenfor baksprekken. Xgeo er benyttet som grunnlag for analysen. Det er tatt utgangspunkt i beregningscelle nr. 1 som vist i Figur 4. Det er undersøkt forskjell mellom å benytte hydrologisk år (1. september – 31. august) vs. kalenderår for beregningen ved å sammenligne statistikk for hele perioden mellom 1957/58 og 2023 (Tabell 3). Det er konkludert at det er lite forskjell ved å bruke kalender år vs. hydrologisk år for statistikkene videre.

Tabell 3. Vurdering av kalenderår vs. hydrologisk år for data fra xgeo. Dataperioden er 1957/58 – 2023.

Døgnoppløsning	Årlig sum (mm/år)			Maks. døgnverdi (mm/døgn)		
	Gj.snitt.	Min.	Maks.	Gj.snitt.	Min.	Maks.
Nedbør						
Kalendarår	1674	946	2624	64,3	42,3	121,9
Hydrologisk år	1675	923	2805	64,3	41,7	121,9
Regn + snøsmelting						
Kalendarår	2034	1273	3521	66,1	33,0	117,0
Hydrologisk år	2034	1134	3122	66,5	38,0	117,0

Fordampningsverdier fra xgeo er svært usikre, men er vurdert sammen med serien for nedbør og regn + snøsmelting for å vurdere hvor mye fordampning utgjør. Det er benyttet kalenderår med døgnoppløsning fra 1958 t.o.m. 2023 i vurderingen vist i Tabell 4. Konklusjonen er at fordampning utgjør ca. 10% av nedbør. Sannsynlighetsintervall til fordampningsprosenten er fra ca. 5 – 15%.

Tabell 4. Grov vurdering av fordampning ovenfor baksprekken for perioden 1958-2023. Årlig sum er vist i mm/år. Det er benyttet kalenderår.

Døgnoppløsning	Årlig sum (mm/år)		
	Nedbør	Gj.snitt.	Min. Maks.
Uten fordampning	1674	946	2624
Med fordampning	1504	773	2482
Reduksjon	10 %	18 %	5 %
Regn + snøsmelting	Gj.snitt.	Min.	Maks.
Uten fordampning	2034	1273	3521
Med fordampning	1865	1051	3403
Reduksjon	8 %	17 %	3 %

For kalibrering av grunnvannstrømningsmodell er det vurdert hydrologisk år med intervallet 09/2007 t.o.m. 08/2023, noe som dekker tidsperioden for målt grunnvannstand i borehullene. Gjennomsnittlig nedbør for denne perioden er 1702 mm/år og gjennomsnitt regn + snøsmelting for denne perioden er 2087 mm/år. Det anbefales å benytte regn + snøsmelting serien med 10% fordampning = 1878 mm/år, som avrundes til 1880 mm/år videre i analysen. Øvre verdi er estimert til 1983 mm/år (regn + snøsmeltingsserie med 5% fordampning) og nedre verdi er estimert til 1447 mm/år (nedbørserien med 15% fordampning). Verdiene er presentert i Tabell 5.

Tabell 5. Gjennomsnittlige nedbør og regn + snøsmelting for perioden 09/2007 – 08/2023 med ulike grader av fordampning.

	Nedbør, årlig sum (mm/år)	Regn + snøsmelting, årlig sum (mm/år)
Gj.snitt. for perioden 09/2007 – 08/2023 (hydrologisk år)	1702	2087
Med 5% fordampning	1617	1983
Med 10% fordampning	1532	1878
Med 15% fordampning	1447	1774

4.3 Beregning av grunnvannsdannelsesrater

I [2] ble det etablert en konseptuell modell for grunnvannsdannelse i skredområdet, samt beregning av grunnvannsdannelsesrate for årlig gjennomsnittlig nedbør- og snøsmelteintensitet for normalperioden 1960-1990. Hovedresultater fra denne konseptuelle modellen for grunnvannsdannelse er følgende:

- Grunnvannsdannelsesrate er mye høyere i baksprekkområdet enn nedstrøms baksprekk på grunn av avrenning som strømmer fra fjelltoppen ned til baksprekkområdet. I baksprekkområdet infiltreres avrenningen fra fjelltoppen, som dermed mater grunnvannet.

- Basert på geomorfologi til baksprekkområdet er dette delt i to delområder med ulike grunnvannsdannelsesrate:
 - Det midtre/vestre baksprekkområdet, med en åpen graben (som er ca. 30 m dyp, ca. 30 m bredde, og ca. 150 m lang), og 350 m lange åpne subvertikale sprekker, med fokusert infiltrasjon av avrenning fra fjelltoppen og direkte nedbør.
 - Det østre baksprekkområdet, med mindre åpne sprekker enn det midtre/vestre baksprekkområdet, hvor baksprekken går over til en subvertikal klippe, og terrenget mellom denne klippen og oppstrøms ende til østre bekk som er dekket med en uravsetning. I dette området infiltreres også avrenning fra fjelltoppen og direkte nedbør, men infiltrasjonen er mindre fokusert enn i det midtre/vestre baksprekkområdet på grunn av terrenforhold.
- Resten av skredområdet nedstrøms baksprekken har mye lavere grunnvannsdannelsesrate siden grunnvannsdannelsen hovedsakelig kommer fra infiltrasjon av direkte nedbør og snøsmelting.

I forbindelse med forprosjektet er nedbørfeltene oppstrøms baksprekk vurdert på nytt (kap. 3.2) med gjennomsnittlig nedbør- og snøsmeltingsrate på 1 880 mm/år for normalperiode 2007-2023 (kap. 4.2). De tilsvarende gjennomsnittlige avrenningsratene beregnet for nedbørfeltene oppstrøms baksprekk er:

- 201 160 m³/år for nedbørfeltet (på 107 000 m²) oppstrøms det midtre/vestre baksprekkområdet
- 289 520 m³/år for nedbørfeltet (på 154 000 m²) oppstrøms det østre baksprekkområdet

De tilsvarende grunnvannsdannelsesratene for gjennomsnittlig nedbør og snøsmelting (normalperiode 2007-2023) i skredområdet er (Tabell 6):

- 22 284 mm/år i midtre/vestre baksprekkområde (med areal på 9 161 m²)
- 4 212 mm/år i østre baksprekkområde (med areal på 74 510 m²)
- 326 mm/år i området matet kun av direkte nedbør og snøsmelting (med areal på 647 328 m²)

Disse er utgangspunktverdiene for å kalibrere grunnvannsdannelsesratene i MODFLOW.

Forprosjekt Åknes drenering

Alternativvurdering av dreneringsløsninger

Oppdragsnr.: 52309571 Dokumentnr.: FELLES-RAP-01 Vedlegg 4

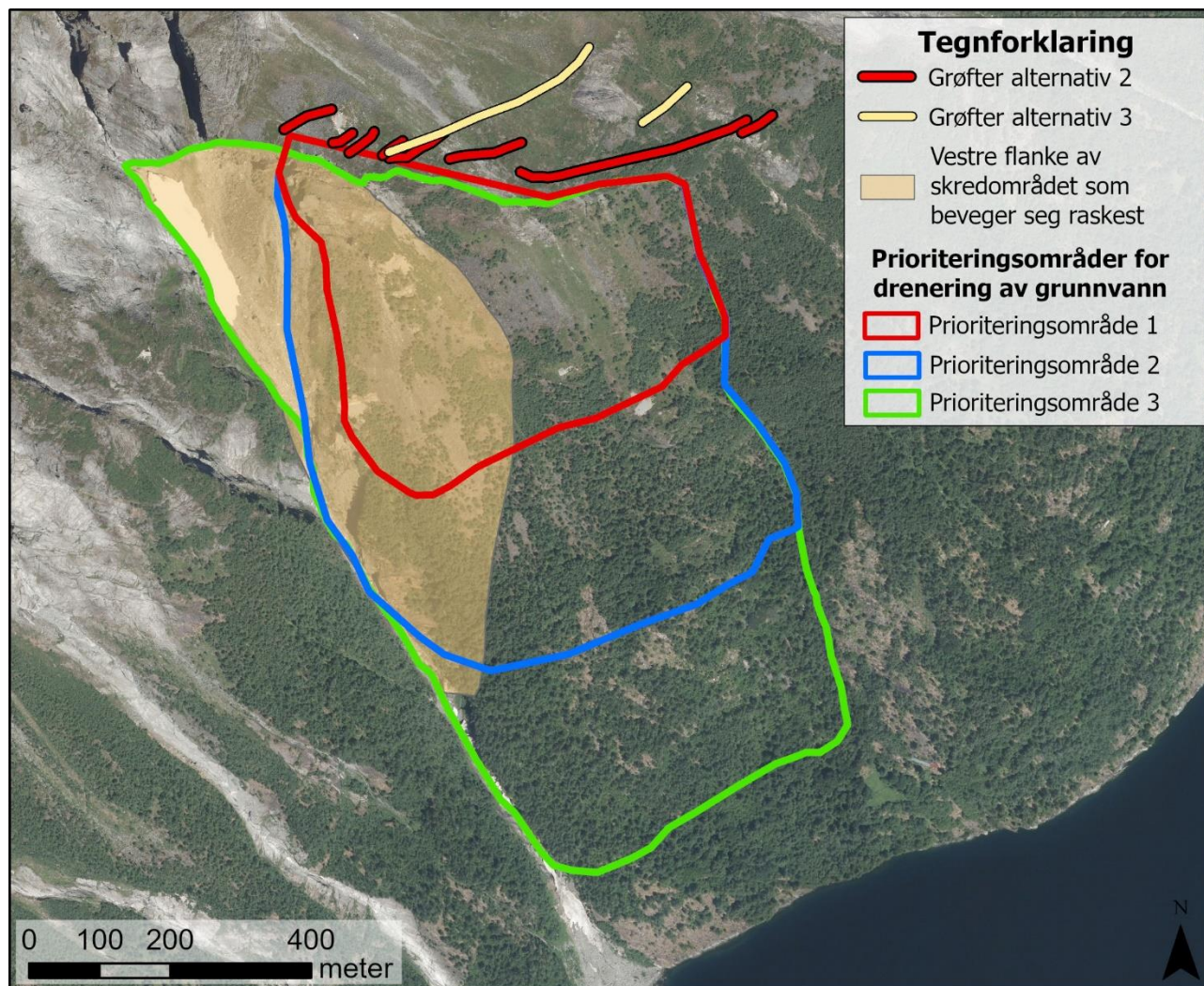


Tabell 6. Beregning grunnvannsdannelsesrater for de tre delområdene etablert i MODFLOW-modellen for simulering av grunnvannstrømning [2].

Område	Nedbørfelt oppstrøms baksprekk (m ²)	Årlig volum infiltrerende overvann (m ³ /år)	Areal (m ²)	Årlig rate infiltrerende overvann (mm/år)	Årlig rate infiltrerende direkte nedbør og snøsmelting (mm/år)	Årlig grunnvannsdannelsesrate (mm/år)	Volumetrisk grunnvannsdannelsesrate (m ³ /år)	% av total volumetrisk grunnvannsdannelsesrate
		A	B	C= (A/B)*1000	D	E= C+D	F= (E/1000)*B	G=[F/Sum(F)]*100
Det midtre/vestre baksprekkområdet	107 000	201 160	9 161	21 958	326	22 284	204 150	28
Det østre baksprekkområdet	154 000	289 520	74 510	3 886	326	4 212	313 842	43
Areal med kun direkte nedbør og snøsmelting	---	0	647 328	0	326	326	211 304	29

5 Avskjæringsgrøfter

Det er utviklet tre alternativer for plassering av avskjæringsgrøfter. Det første alternativet utgikk etter befarings i juni 2024. Alternativene 2 og 3 har ulike fordeler og er begge ansett som aktuelle alternativer. Plassering av alternativ 2 og 3 er sammenlignet med prioriteringsområder for drenering (Figur 6).



Figur 6. Plassering av avskjæringsgrøfter for alternativ 2 og 3 sammenlignet med prioriteringsområder for drenering som vist i hovedrapporten.

Følgende faktorer er benyttet for plassering av grøfter på bakgrunn av befarings i juni 2024 samt tverrfaglige diskusjoner:

- Grøftene må være plassert minst 20 m fra baksprekken på grunn av bratt terrenghelning mot baksprekken samt økt sannsynlighet for sprekker i berget.
- Terrenghelning bør være mindre enn 45 grader for å gjøre anleggsutførelsen mindre krevende.

- En lang, sammenhengende grøft er i utgangspunktet mer fordelaktig enn flere små, korte grøfter. Dette er både på grunn av at det gjør det lettere å etablere grøftene (bl.a. pga. mindre behov for å flytte maskiner), men også på grunn av sårbarheten ved å lede vannet fra en grøft til den neste.
- Avskjæringsgrøftene er tenkt etablert i berg, og det vil derfor være best å unngå løsmasseavsetninger (særlig urområdene) så mye som mulig. Det er også veldig mye usikkerhet tilknyttet dybde til berg under urområdene, samt at arbeid i urområder er sikkerhetsmessig krevende og kan skape ustabiliteter i ura.
- Det er lettere å etablere grøfter i østre del enn i vestre del, hovedsakelig pga. terrenghelningen.

Følgende antagelser gjelder for etablering av grøftene presentert nedenfor:

- Det er mulig å etablere grøftene i fast berg langs traseene som er tegnet i kapittel 5.1 t.o.m. 5.3.
- Grøftene kan prosjekteres på en måte som gjør at de ikke er sårbare for punktering / ødeleggelse fra skred, erosjon, e.l.
- Avrenningen må ledes mellom grøftene og videre helt ut av skredområdet.
- Grøftene må etableres nedenfra, dvs. fra øst mot vest, og alt vann ledes ut i en bekk øst for skredområdet.

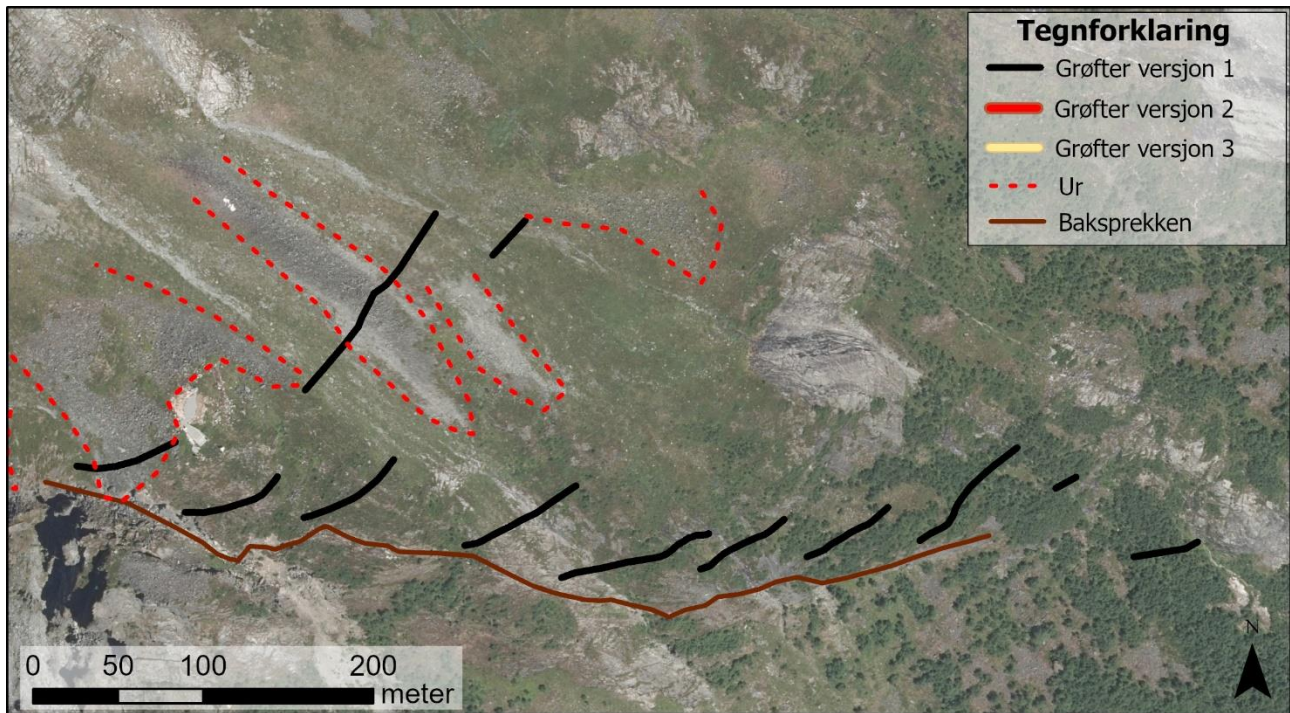
Det må unngås at det dannes konsentrert vannføring inn til baksprekken ved et punkt hvor det ikke var så høy vannføring før etablering av avskjæringsgrøfter.

I hele etableringsfasen av avskjæringsgrøftene må en undersøke bl.a. bergkvalitet og ev. lokale sprekkesystemer, samt overvåke om det skjer endringer etter hvert som en utfører tiltak.

Basert på videre undersøkelser og lokale forhold under etablering av grøfter, kan det være relevant å justere traseene. Det bør legges opp til at det er fleksibilitet for justering av traseen under driving. Tilstrekkelig overlapp mellom grøftene har størst betydning for hvor sikker grøftenes funksjon blir.

5.1 Alternativ 1 (utgått): Plassering basert på overordnet analyse i Scalgo Live

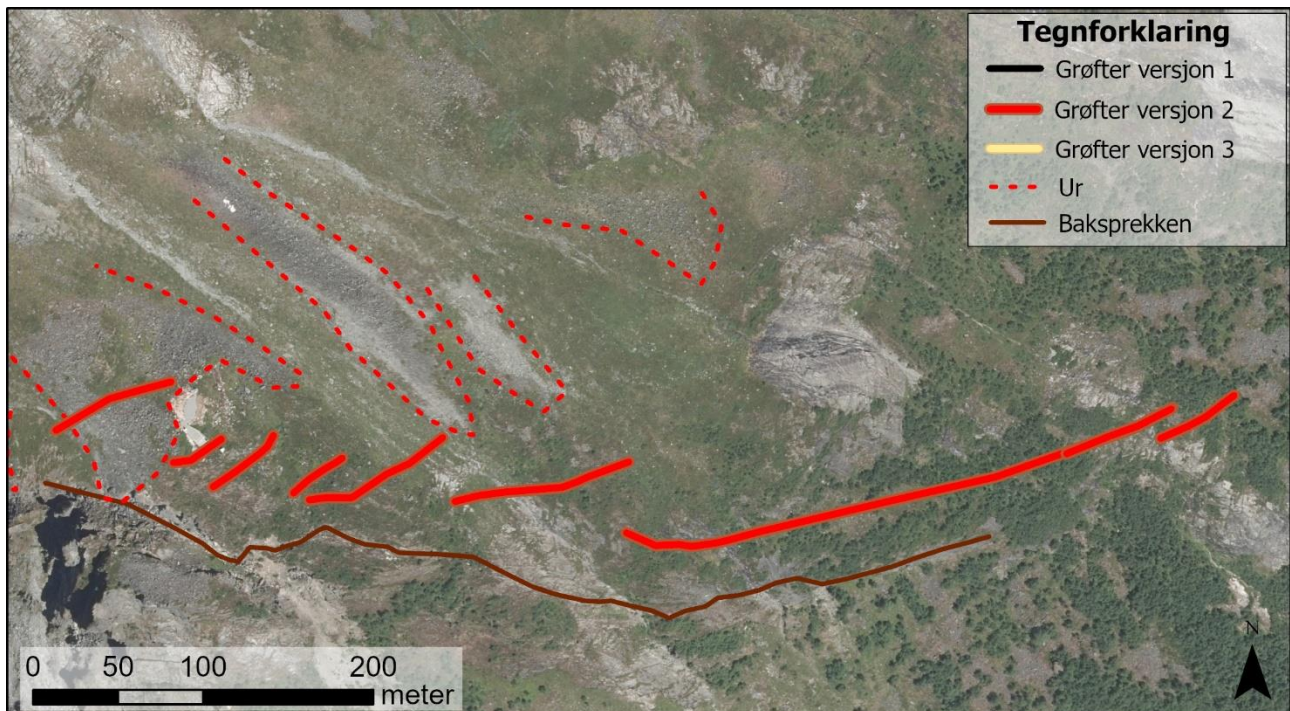
Tidlig i fase 1 ble det utviklet en løsning som skulle forsøke å fange mest mulig vann fra ovenfor baksprekken basert på en overordnet skrivebordstudie. Figur 7 viser alternativ 1. Grøftene ble plassert på bakgrunn av avrenningslinjer.



Figur 7. Viser forslag til plassering av grøfter i tidlig fase som nå er benevnt alternativ 1.

5.2 Alternativ 2: Trappetrinn-løsning nær baksprekken langs hele traseen

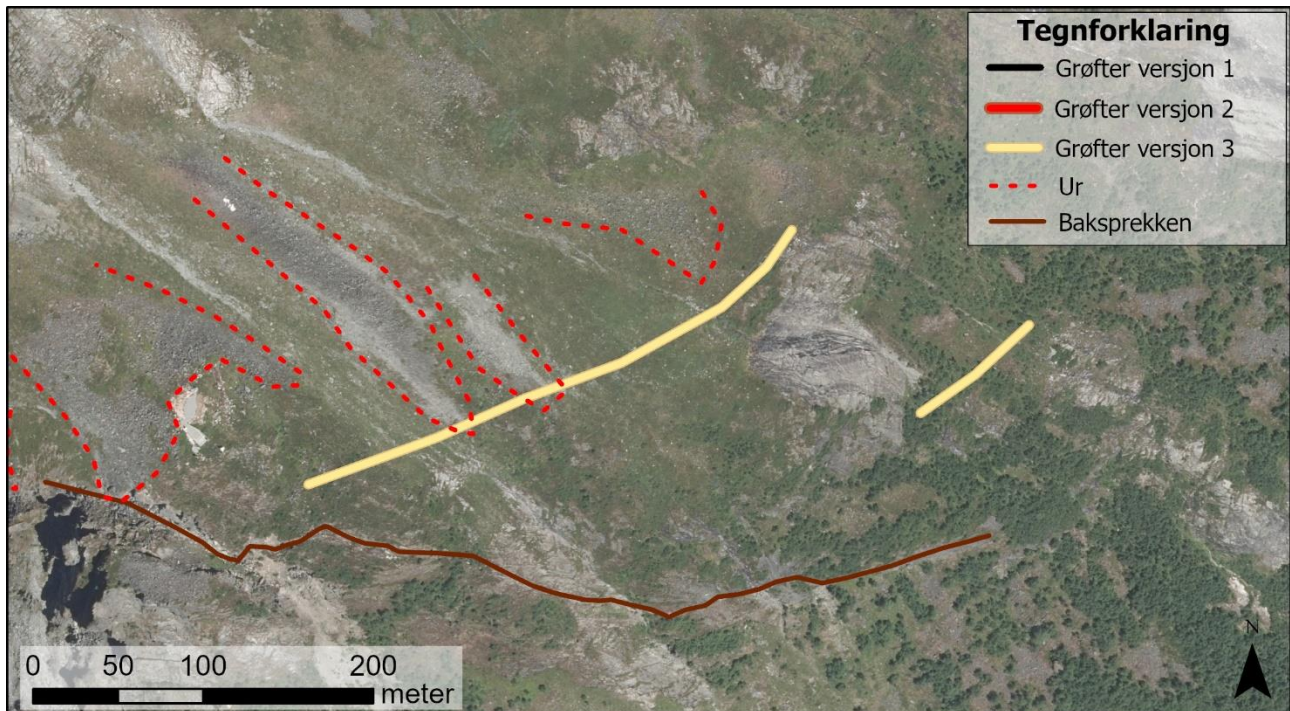
Alternativ 2 tar utgangspunkt i alternativ 1, det vil si at traseene ligger med tilstrekkelig avstand til baksprekken mht. utførelse og det forsøkes å fange mest mulig vann fra overflaten. Grøftene er vist i Figur 8. Total grøftelengde er ca. 770 m. Alternativ 2 fanger 90% av det totale nedbørfeltet oppstrøms baksprekken som tegnet i **Error! Reference source not found.** Hvis de fire grøftene lengst vest ikke etableres, dvs. at kun de fire grøftene på østsiden etableres, fanger alternativ 2 87% av det totale nedbørfeltet oppstrøms baksprekken. Det understrekes at avgrensning av nedbørfelt er usikkert i terreng som Åknes.



Figur 8. Viser plassering av grøfter i alternativ 2 som er utviklet etter befaring.

5.3 Alternativ 3: Sammenhengende grøfter som er plassert høyere opp i fjellsiden

Alternativ 3 tar utgangspunkt i at traseen legges i slakere terreng i større avstand til baksprekken, at det er krevende å etablere grøfter vest i terrenget og at sammenhengende grøfter vurderes å være mer fordelaktig. Total grøftelengde er på ca. 410 m, med lengde på hovedgrøften på ca. 330 m. Grøftene er vist i Figur 9. Alternativ 3 fanger 77% av det totale nedbørfeltet.

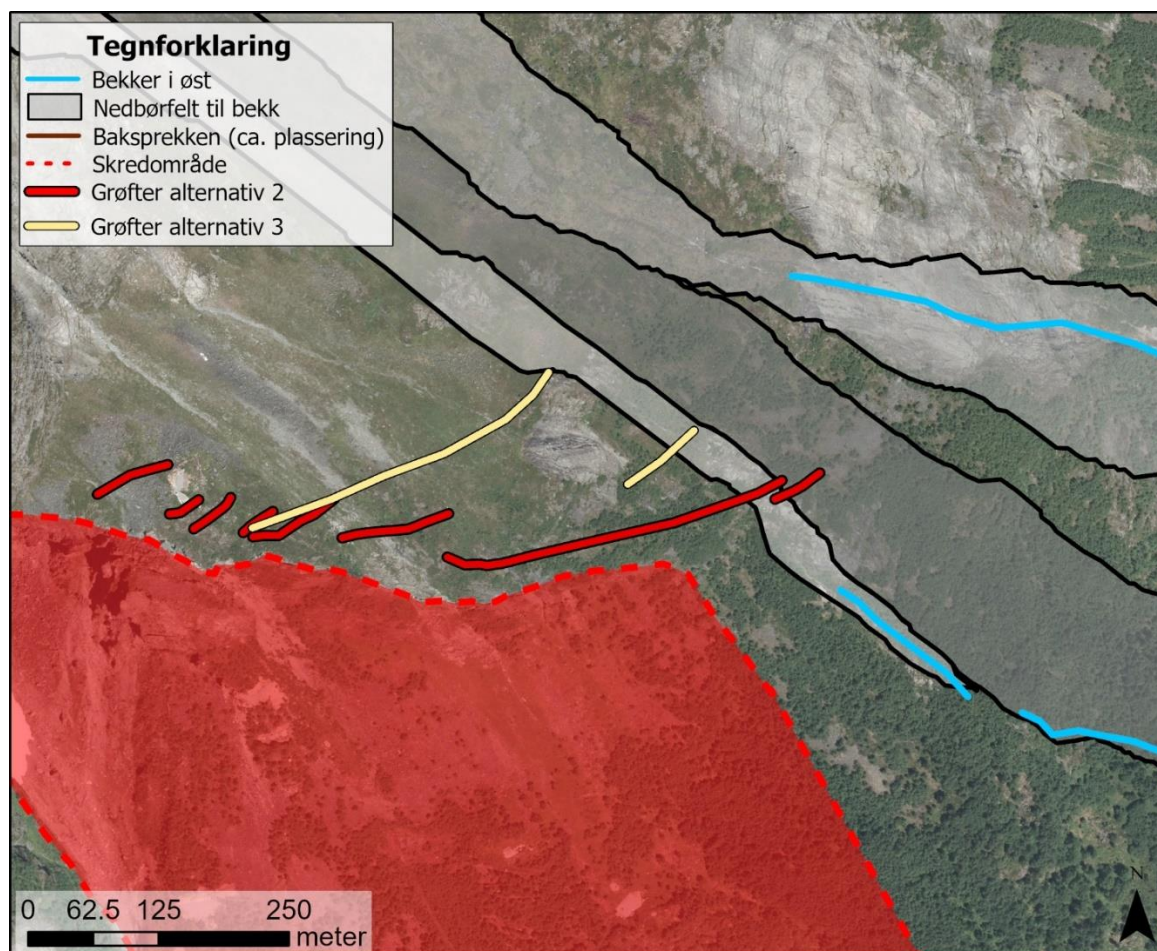


Figur 9. Viser grøftene i alternativ 3 som også er utviklet etter befaring.

5.4 Avledning til bekk i øst

Det er viktig at vannet ledes til et definert punkt i en bekk som ligger utenfor skredområdet. Hvis vannet ledes til bekken som er målpunktet per nå, kan det være behov for sikring nedover i bekketraseen. Dette er fordi denne bekken ikke er skåret ned i terrenget og Norgeskart viser at bekken er "usammenhengende" (Figur 10). Hvis vannet skulle gå på avveie nedstrøms utslippspunktet, skal man være helt sikker på at vannet ikke renner tilbake inn i skredområdet. Basert på kartstudiene ser det helt fint ut for alternativ 2, men det er litt mer usikkerhet tilknyttet hvor alternativ 3 er skissert fordi det er litt lengre opp og dermed større sannsynlighet for at vann vender seg litt mer mot vest (løsbart, men må ses nærmere på). Å avlede til Heimstrestreket, en bekk som ligger videre mot øst medfører ca. 200 m lengre grøftetrasé uavhengig alternativ, og dette må vurderes opp mot usikkerhet og behov for omfattende sikring hvis vannet ledes til den nærmeste bekken i øst. Det er ikke åpenbart at Heimstrestreket vil føre til en større kostnad og/eller byggetid etter man har vurdert kapasiteten i de to bekkene og behov for ytterligere sikring. Uavhengig av bekken vannet avledes til kan det være fare for jordskred / flomskred lengre ned i bekketraseen.

Temaet blir nærmere vurdert i neste fase av forprosjektet.



Figur 10: Avskjæringsgrøfter er skissert med avledning til en bekk øst for skredområdet, som er vist som sammenhengende ifølge Norgeskart. Hvis grøfter avledes til Heimstrestreket, bekken lengst øst i figuren, medfører dette ca. 200 m lengre grøftetrasé.



Figur 11. Bekk i øst (målpunkt til avledning per i dag) og Heimstrestreket, et alternativ for vannavledning. Flybildet til høyre viser at Heimstrestreket er betydelig nedskåret i terrenget, mens bekken i øst er ikke det.

5.5 Tverrsnittprofil og designkonsept

Grøftene anlegges under bergoverflaten og er dermed skjermet for skred, lite synlige fra fjorden, samt at overflatenært grunnvann kan avskjæres. Prinsippet går ut på å avlede vannet under bakken med et overliggende lag av godt drenerende masse. Hvis grøftene etableres som «vanlige» grøfter, dvs. som åpne grøfter, ville de etter hvert bli fylt med skredmateriale og dermed miste sin avledningskapasitet.

Det er foreløpig vurdert to tverrsnittprofil for avskjæringsgrøfter med hovedforskjellen at alternativ A leder bort vannet i perforerte rør og alternativ B leder bort vannet i hulrom mellom tilbakefylte steinblokker.

Grøftedimensjoner og endelig geometri blir avhengig av følgende faktorer:

- Bunnhelning langs grøften.
- Plassering i systemet. Grøftene som ligger lengst øst må ha større kapasitet fordi de skal også avlede alt vannet fra grøftene lenger vest.
- Dimensjonerende vannføring
- Sikkerhet mot frost
- Det etableres impermeable lag i bunnen og på nedstrøms side av grøftene. Det vurderes også å strekke et impermeabelt lag litt opp på oppstrøms side avhengig av endelig løsning og omfang av lokale sprekker og riss som dannes under etablering av grøftene.
- Grøftene tilbakefylles med lokale masser så langt det lar seg gjøre.
- Det blir behov for en permeabel geotekstil mellom laget hvor vannet avledes og overliggende masse.
- Grøftene forsøkes å etableres så grunt som mulig for å minimere masseuttak og massehåndtering.
- Det blir behov for punktsikring der hvor eksisterende avrenningsveier krysser grøftesystemet for å unngå punktering av grøften samt for å sikre tilstrekkelig oppfangning av vann ved disse punktene.

Tverrsnittprofil og oppsett til dreneringssystemet blir vurdert nærmere i forbindelse med videre arbeider i forprosjektet.

6 Referanser

[1] Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), Notat - datainnsamling Åknes - juni og september 2023, 2023.

[2] Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), «Hvordan lages vannkartene i SeNorge og Xgeo?,» [Internett]. Available: <https://www.nve.no/media/11983/hvordan-lages-vannkartene-i-senorge-og-xgeo.pdf>.

[3] C. Sena og A. Braathen, «Åknes rock-slope failure hydrogeology final report,» Universitetet i Oslo, 2021.

Nettsider:

MET nedbørstasjoner: [Observasjoner og værstatistikk - Seklima \(met.no\)](https://www.met.no/observasjoner)

IVF kurver: <https://klimaservicesenter.no/ivf?locale=nb>

Xgeo: <https://www.xgeo.no/>

Vedlegg 5: Befaringsnotat hydrologi - Åknes

1 Innledning

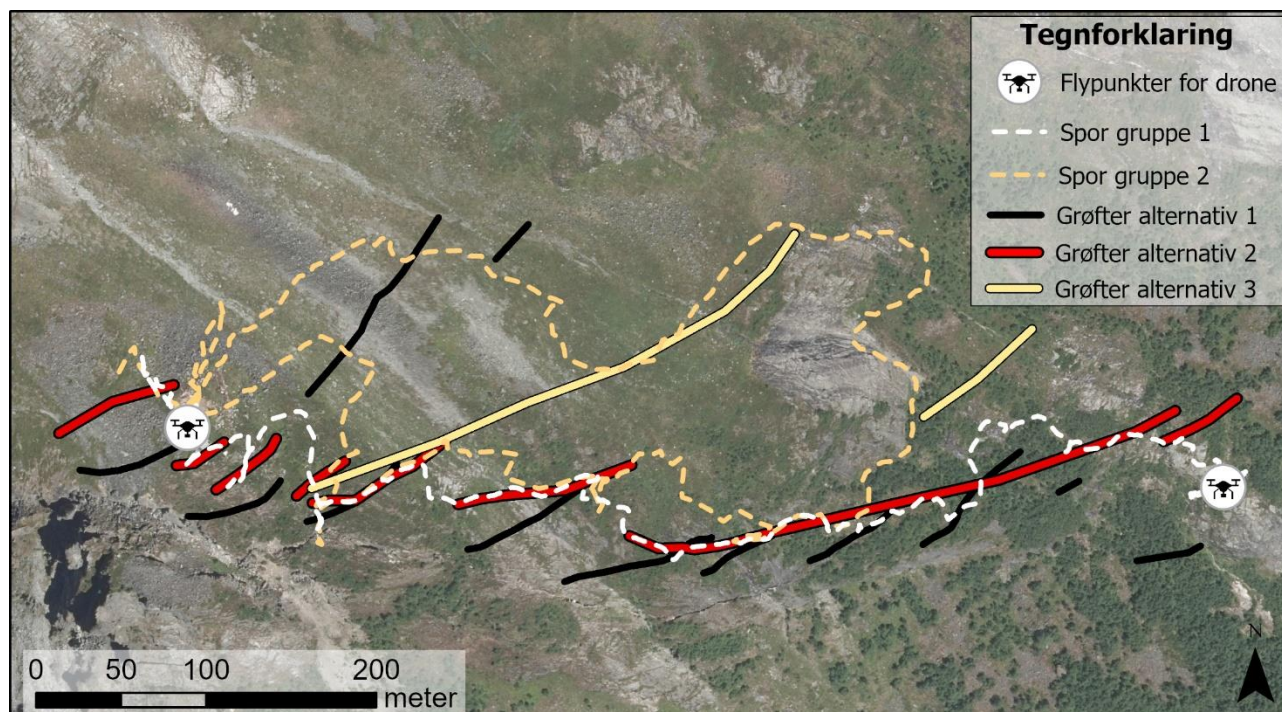
Norconsult Norge AS jobber på oppdrag fra Norges vassdrags- og energidirektorat med et forprosjekt for drenering av det ustabile fjellpartiet Åknes. En sentral del av dreneringstiltakene vil være avskjæringsgrøfter ovenfor baksprekken. Vedlegg 5 oppsummerer observasjoner fra befaring av Åknes den 25.06.2024.

Formål med befaring var å blant annet analysere plassering av avskjæringsgrøfter, vurdere avrenningsmønster og se etter vannkilder. En oversikt over områder som ble vurdert er vist i Figur 1.

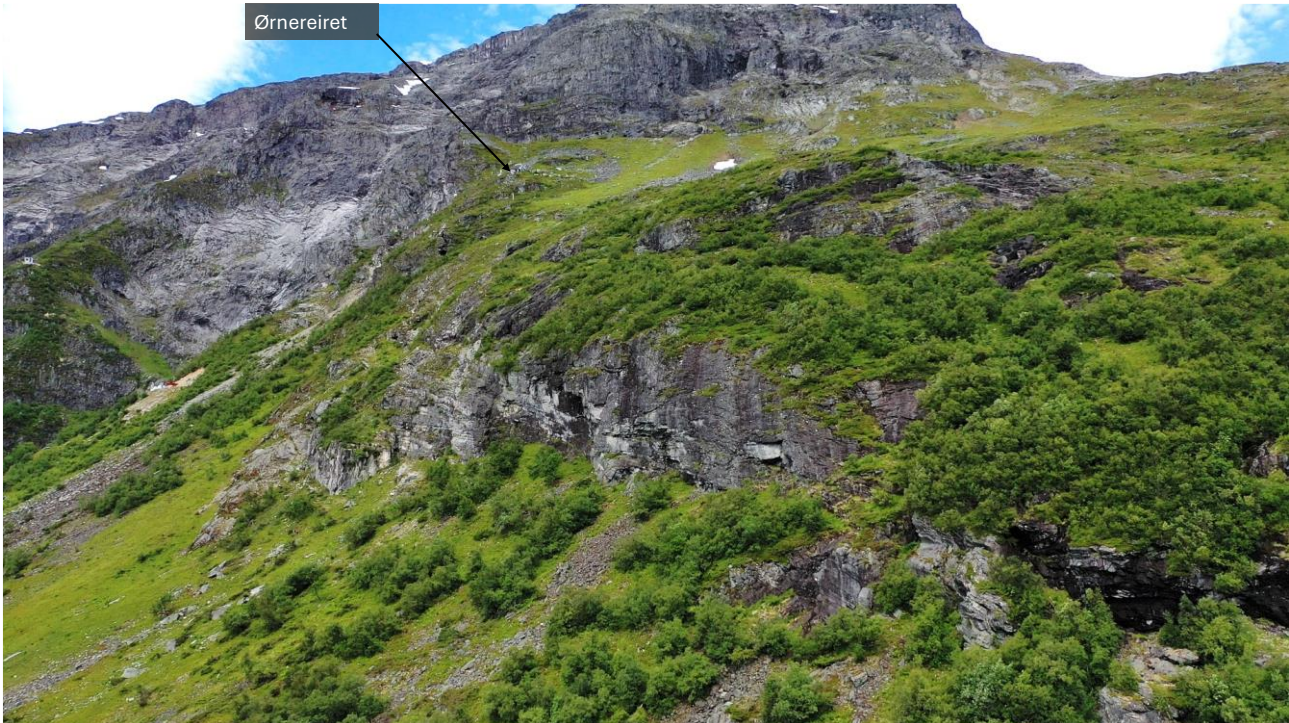
Været under befaringen var 12°C i skyggen, med en gjennomsnittlig vindstyrke på 9 m/s som økte til over 15 m/s utover ettermiddag. Det var oppholdsvær gjennom hele befaringen, med solskinn som gradvis ble til overskyet himmel mot slutten av dagen. Det var ingen nedbør dagen før befaring, og svært lite nedbør (< 2 mm totalt) i en uke før befaring.

Hydrologene var delt i to lag, og spor fra befaring vises i Figur 1.

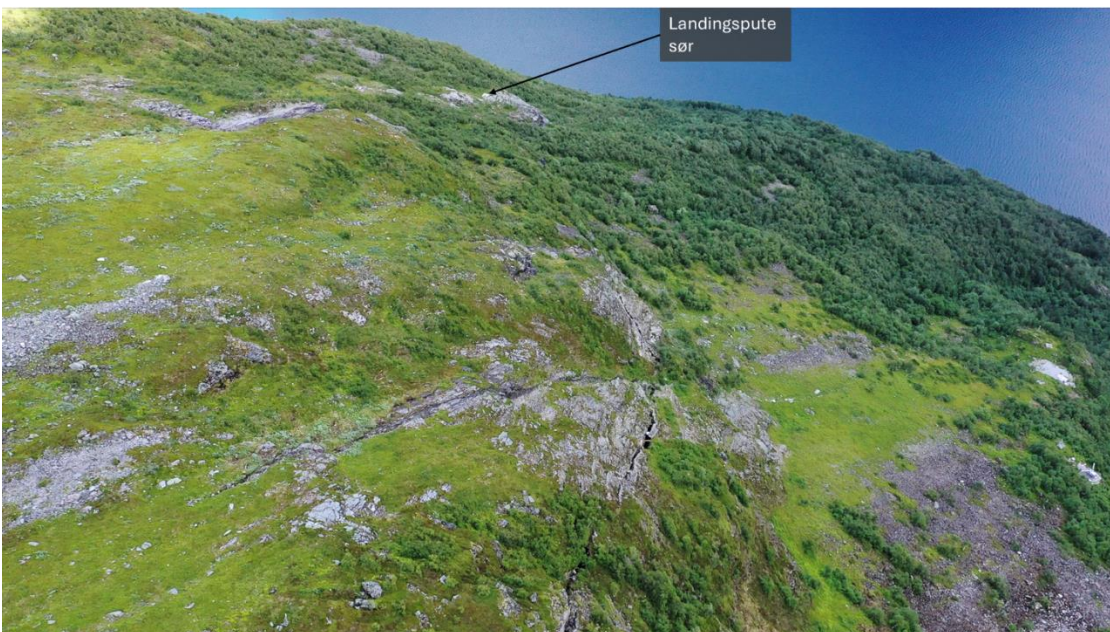
- Gruppe 1: Steinar Myrabø og Sophie Schneider tok en runde med helikopter for å ta oversiktsbilder før de ble satt ved en plattform lengst øst ved baksprekken. Her tok Schneider opptak med drone før de befarte langs grøfteplasseringer og tilbake til hovedplattformen. Drone som har blitt benyttet er DJI – Mavic 2 Pro. Sporingen fra droneflyvninger er tilgjengelig ved behov. Figur 2 og Figur 3 viser oversiktsbilder tatt med dronen.
- Gruppe 2: Katherine Aurand og Kine Hagelund Svendby befarte fra hovedplattformen og nedover langs oppstrøms side av baksprekken, samt tilbake ved plassering av de øverste grøftene. Aurand gjorde også observasjoner fra et hydrogeologisk perspektiv.



Figur 1. Spor fra befaring, grøfteplassering før- og etter befaring og flypunkter for drone.



Figur 2. Oversiktsbilde, drone, baksprekken sørøst i området filmet fra landepute i sør.



Figur 3. Oversiktsbilde over baksprekken filmet fra Ørnereiret med blikk ned mot fjorden.

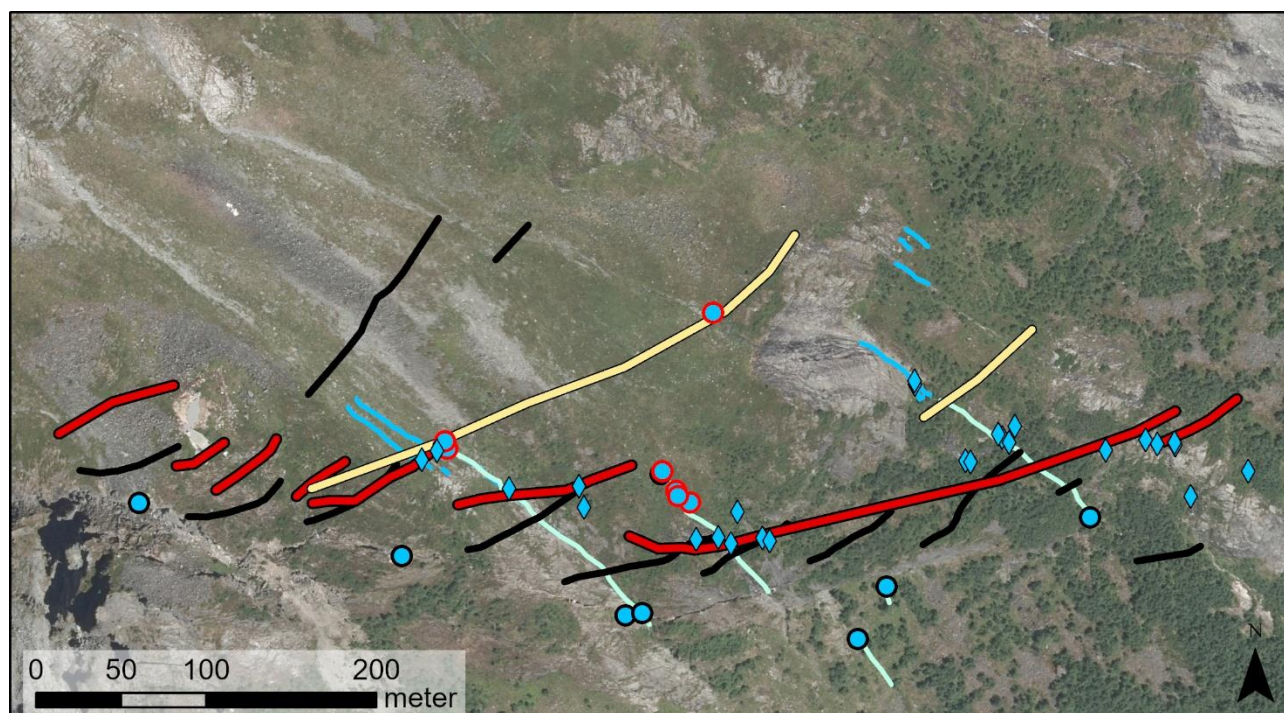
2 Observasjoner

2.1 Vannkilder og avrenningsveier

Noen vannkilder og avrenningsveier ble kartlagt i 2008 [1]. Under befaringen kartla gruppene nye vannkilder og avrenningsveier som de kom over (Figur 4). Noen tydelige avrenningsveier ble oppmålt med RTK-GPS for kontroll av avrenningsveier beregnet fra terrengmodellen (Vedlegg 4). Avrenningsveier kartlagt i feltet samsvarer godt med avrenningsveier som er synlig på ortofoto samt avrenningsveier som er beregnet fra terrengmodellen.

Det finnes flere vannkilder og avrenningsveier enn det som er vist/kartlagt på kartet. Hele feltet består av flere mindre avrenningsveier, men det finnes også noen avrenningsveier som er større og tydelige i terrenget.

På befaringen ble det observert relativt mye overflateavrenning (ut fra værforholdene på forhånd) på fjelloverflaten langs oversiden av baksprekken, spesielt i østlige del med mye fjell i dagen. Det rant også vann mange flere steder enn tidligere observerte avrenningsveier. Det tyder på at det er relativt liten infiltrasjon ned gjennom fjelloverflaten i områdene ovenfor baksprekken.






Tegnforklaring

-  Grøfter alt. 1
-  Grøfter alt. 2
-  Grøfter alt. 3

Data fra Frei (2008)

-  Vannkilde
-  Avrenningsvei

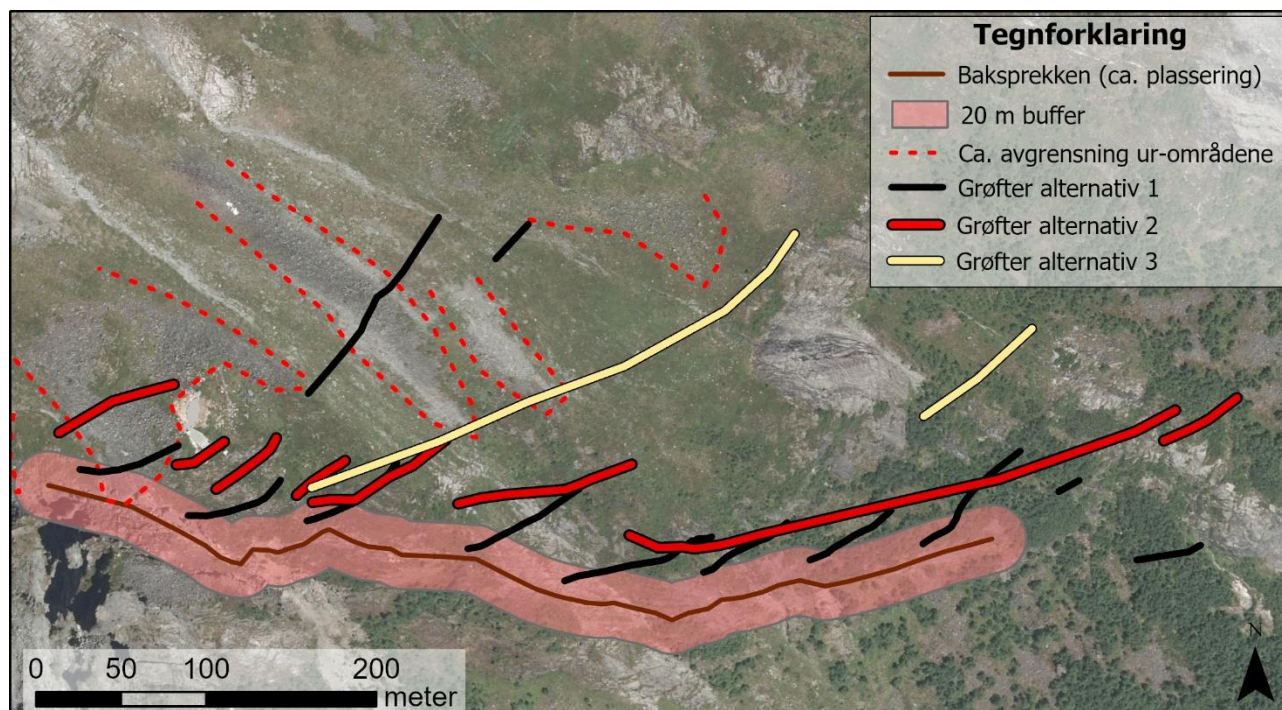
Feltobservasjoner (2024)

-  Vannkilde
-  Avrenningsvei (punkt)
-  Avrenningsvei kartlagt med RTK-GPS

Figur 4. Vannkilder og avrenningsveier kartlagt under befaring sammenlignet med kartlegging fra Frei, 2008 [1].

2.2 Avgrensning baksprekken og områdene med ur

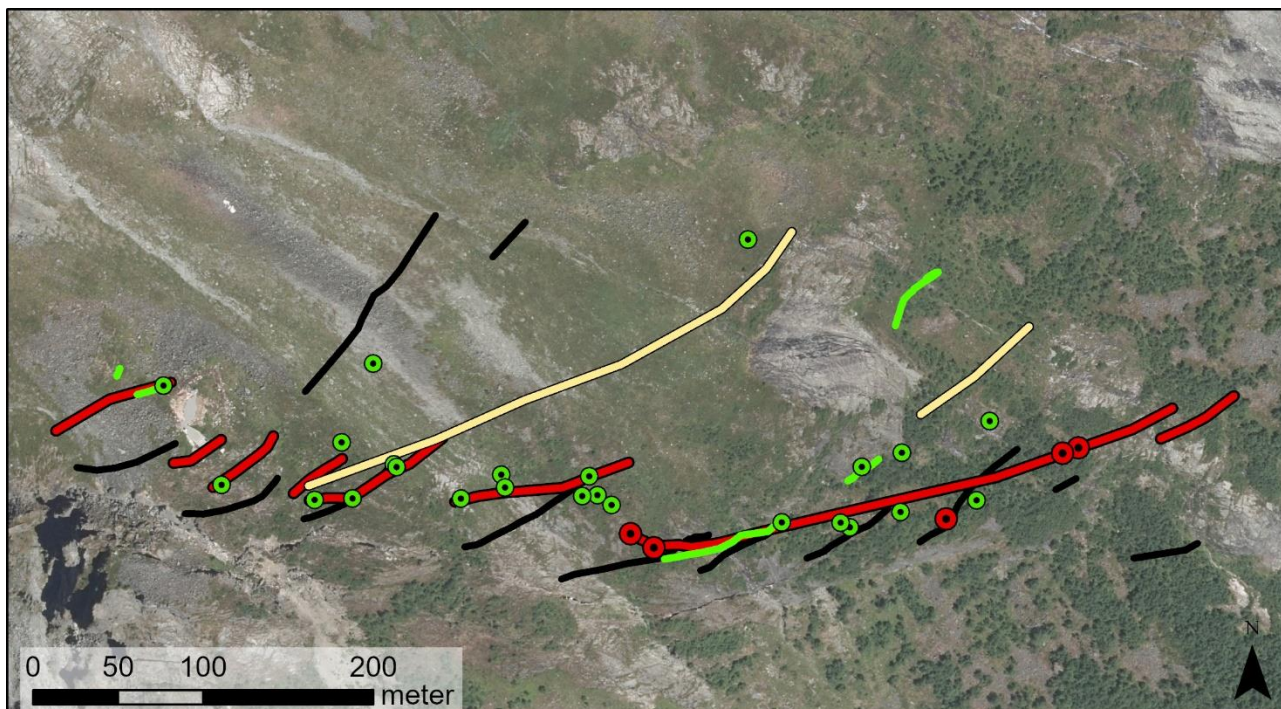
På bakgrunn av observasjoner på befaring samt analyse av helningskartet beskrevet i Vedlegg 4 er det vurdert at grøftene ikke bør plasseres nærmere enn 20 m fra baksprekken. Dette på grunn av bratte helninger ved baksprekken, samt at det er større sannsynlighet for å treffe andre sprekker som kunne føre vannet ned til grunnvannssystemet. Flere delstrekninger av opprinnelige grøfteplasseringer (alternativ 1) utgår (Figur 5). Det er også tegnet estimert avgrensning til ur-områdene i samråd med ingeniørgeologer og på bakgrunn av befaringen (Figur 5). Dette er en grov vurdering; områdene med ur er ikke kartlagt i detalj, men som en overordnet veiledning til grøfteplassering.








Figur 5. Estimert plassering av baksprekken er tegnet med en 20 m buffer for å vise området hvor grøfter ikke bør etableres. Estimert avgrensning av områdene med ur er tegnet.

2.3 Feltobservasjoner om grøfteplassering

På befaring ble noen mulige grøftetraseer kartlagt med RTK-GPS (Figur 6). Disse grøftetraseer var kartlagt på bakgrunn av terrenghelning og mulig riggingsplass under anlegg. Det ble kartlagt punkter langs traseer som egner seg til grøfteplassering. I tillegg ble det gjort noen andre observasjoner om hvor grøfter ikke burde plasseres (Figur 6).



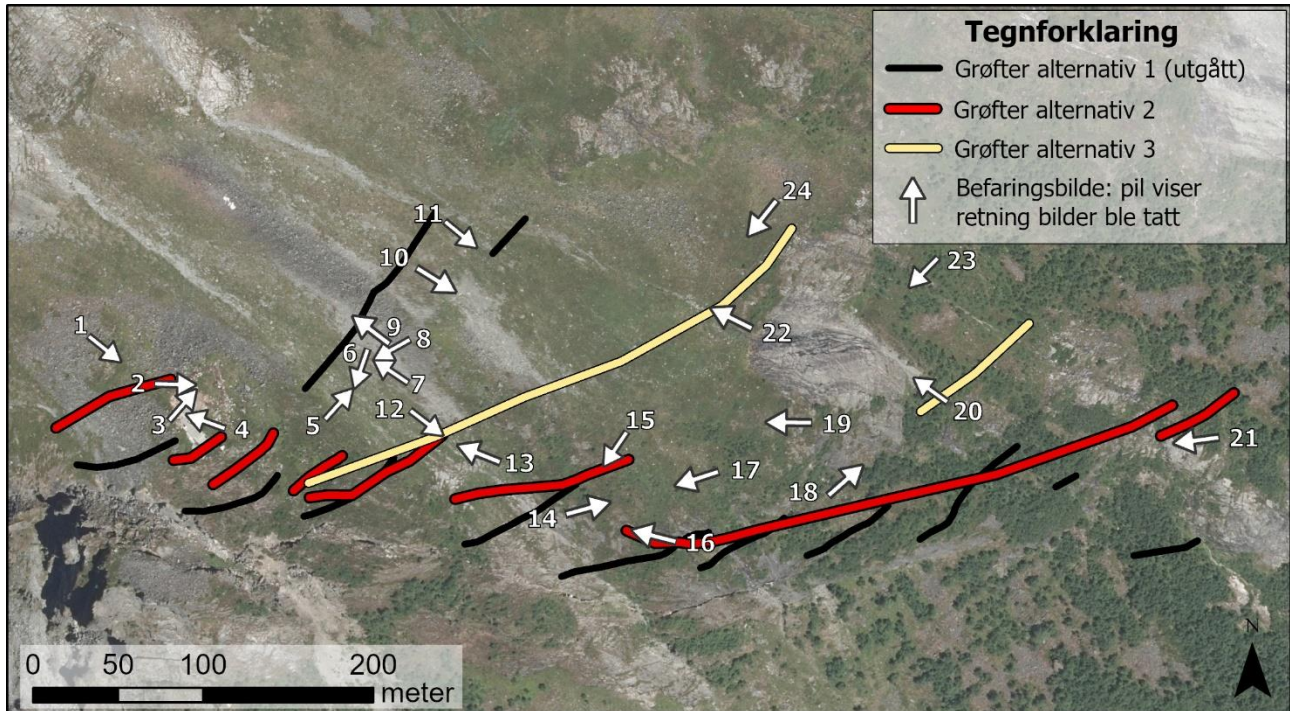
Tegnforklaring

- | | | |
|--|---|--|
|  Grøft - egnet plassering |  Potensial grøfteplassering kartlagt med RTK-GPS |  Grøfter alternativ 1 |
|  Grøft - bør ikke etableres nedstrøms dette punktet | |  Grøfter alternativ 2 |
| | |  Grøfter alternativ 3 |

Figur 6. Feltobservasjoner om grøfteplassering.

3 Bilder fra befaring

Utvalgte bilder fra befaring er presentert nedenfor og plasseringen er vist i Figur 7. Noen bilder er tatt av en ingeniørgeolog fra Norconsult på samme befaringsdag. Derfor er noen bilder plassert utenfor sporlogging som er vist i Figur 1.



Figur 7. Oversikt over utvalgte bilder fra befaring 25.06.2024.



Bilde 1 på Figur 7. Oversikt av Ørnereiret tatt ovenfra. Ur-områdene vist til både venstre og høyre i bildet.



Bilde 2 på Figur 7. Oversikt av ur-områdene og plassering av den øvre grøften i alternativ 3. Bildet er tatt fra Ørnereiret.



Bilde 3 på Figur 7. Oversikt av ur-områdene og plassering av den øvre grøften fra alternativ 1. Bildet er tatt fra Ørnereiret.



Bilde 4 på Figur 7. Oversikt over ur-områdene ovenfor Ørnereiret og plassering av grøften fra alternativ 2 som ligger lengst vest. Bildet er tatt fra Ørnereiret.



Bilde 5 på Figur 7. Oversikt over ur-områdene ovenfor grøftene.



Bilde 6 på Figur 7. Oversikt over terrenget ovenfor vestlig delen av baksprekken – utsikt mot hvor grøftene i midten av alternativ 2 er foreslått plassert.



Bilde 7 på Figur 7. Oversikt over nedbørfeltet som drenerer til baksprekken. Utsikt mot Flosteinsnibba.



Bilde 8 på Figur 7. Oversikt over hvor grøftene i alternativ 2 er foreslått etablert direkte øst for Ørnereiret. Ørnereiret er vist øverst til høyre i bildet.



Bilde 9 på Figur 7. Oversikt over ur-områdene og øvre del av nedbørfeltet.



Bilde 10 på Figur 7. Oversikt over ur-områdene og oversikt ned mot foreslått plassering av den lengste grøften i alternativ 3.



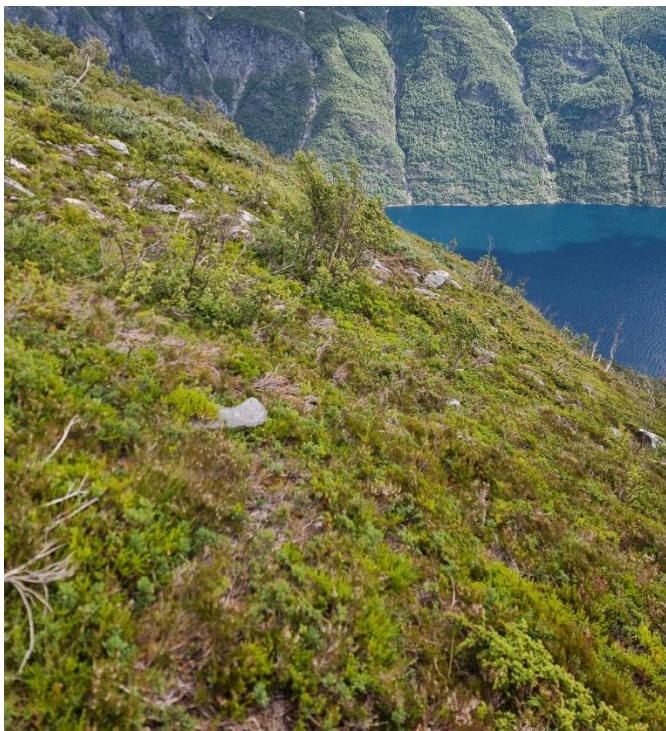
Bilde 11 på Figur 7. Oversikt ned mot foreslått plassering av den lengste grøften i alternativ 3.



Bilde 12 på Figur 7. Avrenningsvei.



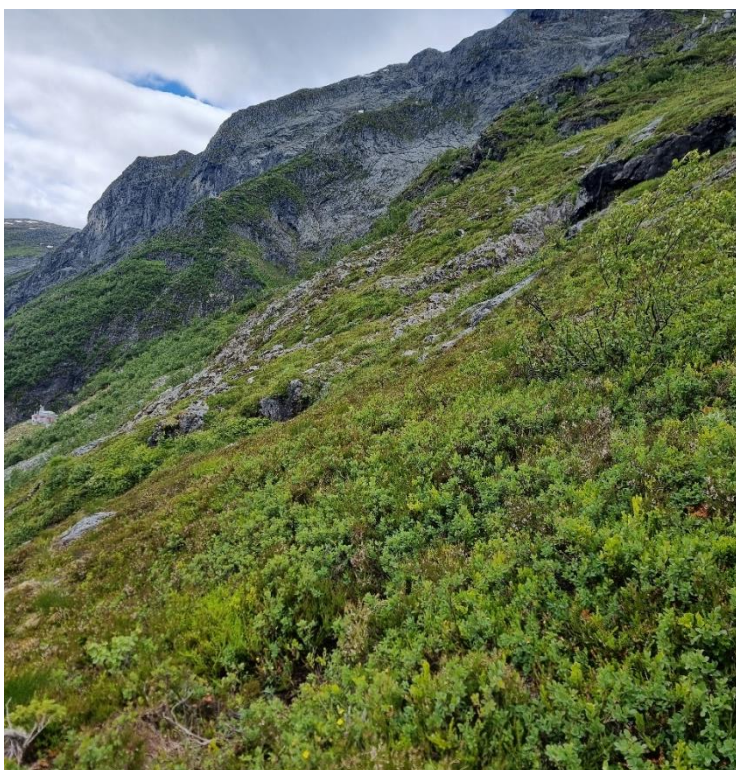
Bilde 13 på Figur 7. Samme avrenningsvei som i bilde 12.



Bilde 14 på Figur 7. Forhold oppstrøms den lengste grøften i alternativ 2.



Bilde 15 på Figur 7. Oversikt over området direkte oppstrøms baksprekken ca. midt i feltet.



Bilde 16 på Figur 7. Forhold ved den vestlige enden av den lengste grøften i alternativ 2.



Bilde 17 på Figur 7. Avrenningsvei / fuktighet i bakken.



Bilde 18 på Figur 7. Forhold nedstrøms den store fjellknausen. Utsikt mot plassering av nedre grøft i alternativ 3.



Bilde 19 på Figur 7. Oversikt over området oppstrøms baksprekken mellom grøfter skissert i alternativ 2 og 3.



Bilde 20 på Figur 7. En av de største avrenningsveier som drenerer fjelletpartiet ovenfor baksprekken.



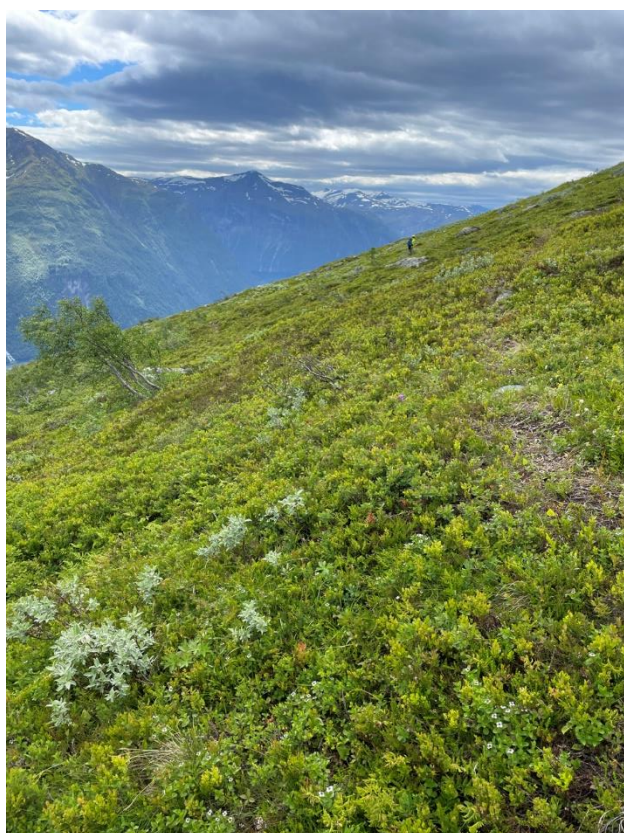
Bilde 21 på Figur 7. Forhold ved grøften lengst øst i alternativ 2.



Bilde 22 på Figur 7. Tydelig avrenningsvei. Det er den samme som er vist i bilde 20, men dette bildet er tatt lengre oppstrøms, ovenfor fjellknausen.



Bilde 23 på Figur 7. Forhold ved synlig berg mellom grøftene skissert i alternativ 3.



Bilde 24 på Figur 7. Forhold ved østlig enden av den lengste grøften i alternativ 3.

4 Referanser

- [1] S. Frei, «Groundwater Flow at the Åknes Rockslide Site (Norway). Results of a Multi-Tracer Test. MSc thesis.» ETH Zurich, 2008.

Vedlegg 6: Vurderingsmatriser

Grøfter for avskjæring og bortledning av overflatevann over baksprekk

Vurderingskriterier	Evaluering grøfter alternativ 2	Evaluering grøfter alternativ 3	Evaluering av avskjæringsgrøfter som dreneringstiltak
Antatt effekt av drenering	Antatt å ha god effekt; fanger opp en stor andel av avrenning fra oppstrøms baksprekken, noe som gjør at grunnvannsstanden synker over tid.	Antatt å ha god effekt, men trolig noe mindre effekt enn alternativ 2 pga. at grøfter ikke etableres helt mot vest ovenfor området som har størst bevegelse. Det er mulig at grunnvannsimulering viser at effekten er fortsatt god nok, eller kan det vurderes å gjøre enklere tiltak mot vest for å avlede noe overvann.	Det forutsettes at grøftene fungerer som beskrevet. Det antas at grøftene vil ha effekt, men ikke like stor effekt som tunnel. Usikkerhet spesielt knyttet til områdene i vest hvor tiltaket antas svært krevende å etablere. Tiltaket, og dermed effekten, er fremdeles beheftet med en del usikkerhet.
Teknisk og praktisk gjennomførbarhet	Antatt svært krevende anleggsteknisk pga. terrengforholdene langs traseene og spesielt vestre del hvor det er bratt og urområder.	Antatt mindre krevende fordi grøftene er plassert i mindre bratt terreng, samt mer sammenhengende grøfter (men fortsatt krevende).	Antatt i stor grad krevende, men gjennomførbart (basert bl.a. på markedsdialogen). Forutsetter at grøftene plasseres på en god måte i terrenget. Det er fortsatt mye usikkerhet knyttet til tiltaket. Spesielt er det usikkerhet omkring dybde grøft (løsmassetykkelse). Det er behov for ytterligere detaljering av løsningen.
Landskap/synlighet	Grøftelengde er ca 770 meter. Tiltaket er delt opp i mange små deler. Det ligger til dels i en del av terrenget uten annen vegetasjon enn markdekke som mose og lyng. Oppdelingen av tiltaket vil redusere synligheten av det.	Grøftelengde i alternativ 3 er ca. 410 meter. Tiltaket ligger høyere i terrenget enn grøftene i alternativ 2, og det er mindre vegetasjon som må fjernes. Det er færre løpemeter i alternativ 3. Alternativ 3 vurderes å være marginalt bedre enn alternativ 2.	Tiltaket vil etter etablering og revegetering trolig være lite synlig fra fjorden (der ferden i dette området hovedsakelig foregår). Reetableringen vil trolig gå over flere år da tiltaket ligger høyt. Det forutsettes mellomlagring av toppmasser for istandsetting. Eventuelt masseoverskudd må deponeres slik at det integreres i terrengoverflatens tekstur og struktur.
Risiko - SHA (anleggsgjennomføring)	Se notatet ROS-NOT-01 for en liste over risikoelementer ifm. anleggsgjennomføring. Mange løft med helikopter, arbeid i bratt terreng og nærhet til bratte stup, samt arbeid i ut (i vest) som er risikabelt.	Se notatet ROS-NOT-01 for en liste over risikoelementer ifm. anleggsgjennomføring. Alternativ 3 vurderes å være marginalt bedre enn alternativ 2 pga. en kortere total grøftelengde, noe som resulterer i færre løft med helikopter. Arbeidet er i mindre bratt terreng enn alternativ 2 og uten arbeid i ur mot vest.	Forutsetter at grøftene plasseres på en god måte i terrenget. Det forutsettes sikringstiltak mht. steinsprang. Ikke antatt risiko for 3.part, men kan være aktuelt med begrensninger i ferdsel under arbeidene.
Risiko - SHA (driftsfase)	*	*	Det er på nåværende tidspunkt ikke prosjektert system for overvåkning, men det vil være mulighet for et automatisk system for overvåkning og droneinspeksjon, samt inngangspunkter (f.eks. kummer) som vil være mest aktuelle ifm. vedlikehold. Tiltaket vil kreve vedlikehold over tid. Ved større vedlikehold må det vurderes om steinsprangnett skal settes opp igjen.
Tidsaspekt	Flere grøftemeter og krevende anleggsforhold i vest gir antatt lenger byggetid.	Antatt kortere byggetid pga. færre grøftemeter og enklere terreng.	Byggetid vil være flere sesonger. Byggetid vil være avhengig av maskiner/kapasitet, grøftedybde (massevolum). Tiltaket antas å kunne ha effekt med en gang, men etableringen starter i øst hvor det antas mindre effekt av grøftene (minst kritisk i øst).
Trinnvis etablering	Betydelig vanskeligere å etablere grøfter i vestre del. Kan være aktuelt å stoppe etter de første 4 (kutte de mest usikre i vest).	Mulig med trinnvis etablering, men ikke fornuftig ut fra at prioritert område er i vest.	Vannet må ledes ut av området i øst, det antas at grøftene lengst i øst ikke har så stor effekt. Mulig med trinnvis etablering, men ikke fornuftig siden prioritert område er i vest.
Risiko - grunnforhold, skred og erosjon (driftsfase)	*	*	Forutsetter god erosjonssikring i bekken hvor vannet ledes til. Det antas per nå at vannet slippes ut i en bekk som tolererer en del vannføring.
Bærekraft - massehåndtering	770 meter med grøfter. Flere løpemeter enn alternativ 3.	Alternativ 3 har færre løpemeter med grøfter (410 meter) og er derfor marginalt bedre enn alternativ 2.	Det vil i stor grad være gjenbruk av masser ved etablering av grøfter (tilbakefylling). Et mindre masseoverskudd vil trolig måtte plasseres i terreng (utfylling). Utformingen av grøfta vil være svært avgjørende med hensyn evt. masseoverskudd.
Arealverdier (natur- og kulturverdier)	Det er ingen kulturverdier i det aktuelle området. Alternativ 2 er trolig mer i harmoni med den naturlige dreneringen av området enn alternativ 3.	Grøftealternativ 3 berører mer verdifull fjellnatur enn alternativ 2 (også tatt i betraktning at alternativ 3 har færre løpemeter). Ut fra naturverdier er alternativ 2 marginalt bedre enn alternativ 3.	Grøftene vil utgjøre et inngrep i fjellsiden.
Drift og vedlikehold	Flere meter grøft. Flere punkter hvor man leder vann fra en grøft til en annen (utgjør en økt risiko/usikkerhet ifm. drift og vedlikehold). Ikke nok til å skille fra alternativ 3. Se også kommentarer under SHA (driftsfase).	Færre meter grøft. Alternativ 3 er marginalt bedre enn alternativ 2, men ikke nok til å skille fra alternativ 2 i vurderingen.	Hvis det benyttes synteter med begrenset levetid, vil disse styre levetiden.
Kostnad for bygging	Flere meter grøft, mer krevende terreng. Anleggsmaskinen må flyttes flere ganger i alternativ 2 pga. flere grøfter adskilt fra hverandre.	Antatt rimeligere sammenliknet med alternativ 2 pga. færre meter grøft og mindre bratt terreng.	Dyrt anleggssted. Veldig mye helikoptertransport. Kort sesong. Krevende logistikk.

*) For disse gjelder kommentaren for avskjæringsgrøft som dreneringstiltak/det er ikke relevant å skille mellom alternativene.

Dreneringshull fra overflaten

Vurderingskriterier	Dreneringshull fra overflaten i nedre del	Dreneringshull fra overflaten i større deler av skredområdet
Antatt effekt av drenering	Tiltaket er avhengig av tunnel/kombinasjon med tunnel eller avskjæringsgrøfter (dersom man følger de foreslåtte prioriteringsområder). Tiltaket alene antas ikke å gi tilstrekkelig effekt fordi det har begrenset omfang og er lokalisert i fotsonen. Effekten er avhengig av å treffe vannførende sprekker. Prøving og feiling må påregnes.	Selvstendig tiltak. Kan være utfordrende å treffe vann. Effekten er avhengig av å treffe vannførende sprekker. Prøving og feiling må påregnes.
Teknisk og praktisk gjennomførbarhet	Vurderes i noen grad krevende pga. fare for boreproblemer pga. oppsprukket berg og krevende vanntilgang. Lett å lede vannet ut av skredområdet.	Flere boresteder: Behov for utvidelse/etablering av plattformer, vanntilgang til borestedene, flere hull skal bores. Fare for boreproblemer pga. oppsprukket berg. Mer komplisert å lede vannet ut av skredområdet mot vest eller øst.
Landskap/synlighet	Utstrekningen av tiltaket vil være begrenset. Rydding av vegetasjon vil foregå i et område som har vært kultivert tidligere. Tiltaksområdet ligger lavere i lia og vil være mer synlig fra fjorden enn grøftealternativene.	Tiltaket vil være spredt på flere ulike lokaliteter. Mange av disse ligger i skog som bare i begrenset grad er påvirket av menneskelig virksomhet fra tidligere. Tiltaksområdet ligger lavere i lia og vil være mer synlig fra fjorden enn grøftealternativene.
Risiko - SHA (anleggsgjennomføring)	Helikoptertransport. Skred mot boreplass (må sikre lokalt, tidsperioder ift. vær).	De samme faktorer er relevante, men større område, flere boresteder, mer krevende terreng.
Risiko - SHA (driftsfase)	Tilkomst ifm. tilsyn hele året, men vinterstid avhengig av lav snøskredfare og at landingsplass er over snønivå. Ikke tilgjengelig ved økt farenivå i fjellpartiet.	Som for dreneringshull i nedre del, men mer komplisert med flere boresteder og utslippspunkter. Snøskredfare begrenser tilkomst for vedlikehold og tilsyn vinterstid. Ikke tilgjengelig ved økt farenivå i fjellpartiet.
Tidsaspekt	Kan etableres raskt.	Flere sesonger pga. kort sesong, flere arbeidssteder med behov for tilrigging, flere hull skal bores.
Trinnvis etablering	Er endel av trinnvis utbygging fordi dette er et supplement til å drive tunnel i nedre del eller et supplement til avskjæringsgrøfter.	Kan etableres trinnvis ved at det gjøres en prioritering på boresteder, og det kan fortløpende vurderes hvilke/hvor mange hull som bores (ved hjelp av overvåkning).
Risiko - grunnforhold, skred og erosjon (driftsfase)	Fare for uønsket tilførsel av vann til grunnvannssystemet ved at vann som dreneres fra dypere lag beveger seg ut i grunnere oppsprukket sone eller at hull kollapser eller går tett, men det antas å være liten risiko for at dette påvirker stabilitetsforholdene pga. tiltakets begrensede omfang i fotsonen. Ikke fare for påvirkning av det ustabile partiet i forbindelse med håndtering av vannet.	Fare for at vann som dreneres fra dypere lag beveger seg ut i grunnere oppsprukket sone hvor det kan medføre uønsket tilførsel av vann til grunnvannssystemet og potensiell trykkoppbygging nye steder, noe som vurderes å gjøre situasjonen verre i det ustabile området. Fare for at hull kollapser eller går tett, noe som kan føre til at vanntrykk bygger seg opp på nye steder. Fare for svikt i systemet for bortledning av vann og dermed fare for vann på avveier i det ustabile partiet i forbindelse med håndtering av vannet.
Bærekraft - massehåndtering	Det legges til grunn at man oppnår massebalanse og gjenbruk av masser ved opparbeidelse av områdene/plattformene.	Det legges til grunn at man oppnår massebalanse og gjenbruk av masser ved opparbeidelse av områdene/plattformene.
Arealverdier (natur- og kulturverdier)	Der er både kulturverdier og verdifull natur i nedre del som kan bli negativt berørt av tiltaket (både selve plattformen og vann som skal ledes vekk). For både kultur- og naturverdier vil detaljplanleggingen av både anleggsgjennomføring og driftsfase være avgjørende.	Det er borepunktet i nedre del av området som slår mest negativt ut for både natur- og kulturmiljø (så så lenge at dette borepunktet er med i også den utvidet varianten, vil vurderingen være lik for de to alternativ). Det er positivt for natur- og kulturmiljø at boreplasser i midtre del tar utgangspunkt i allerede opparbeidet plasser (også selvom plassene må utvides).
Drift og vedlikehold	Drift- og vedlikehold pga. grunnforhold: Borehull-kollaps eller at borehull går tett i driftsfase.	Som for dreneringshull i nedre del, men flere hull gir sannsynligvis økt vedlikeholdsbehov. I tillegg behov for vedlikehold av system for vannhåndtering for å lede vannet ut av skredområdet. Omfang avhengig av systemet for vannhåndtering, f.eks. hvor sårbart dette er for skred.
Kostnad for bygging	Begrenset omfang.	Boring er kjent operasjon. Imidlertid stor usikkerhet i forhold til hvor/om man treffer vann og selve boringen gjennom oppsprukket bergmasse. I maks-løsningen er det skissert mange borehull. Usikkerhet knyttet til system for å lede vannet ut av skredområdet (må detaljeres) og hvorvidt det er behov for rensing av vannet før det slippes ut.

Tunnel

Vurderingskriterier	Evalueringskriterier	Evalueringskriterier	Evalueringskriterier	Evalueringskriterier	Evalueringskriterier
	Evaluering Tunnel - adkomst til øvre del	Evaluering Tunnel - adkomst til midtre del	Evaluering Tunnel - adkomst til nedre del	Evaluering Tunnel - adkomst til nedre del	Evaluering av tunnel som dreneringstiltak
Antatt effekt av drenering	*	*	*	*	Tunnel antas å bidra til drenering av området. Foreløpig utført modellering (teoretisk) viser effekt + erfaringer fra dreneringsprosjekter andre steder. Etableres under grunnvannstand, og er derfor det sikreste med tanke på å senke grunnvannet. Usikkerhet i behov/omfang av dreneringshull fra tunnel.
Teknisk og praktisk gjennomførbarhet	Lang stuff. Atkomsttunnel på stigning en fordel. Hårnålsvingene drives på synk 1:7, behov for pumping av vann/vannhåndtering på lang strekning.	Kortere stufflengder og mulighet for driving i to retninger fra midtre del. Samme utfordringer som de andre alternativene, men litt mer gunstig pga. stufflengden blir kortere. Atkomsttunnel på slak synk, ev. på stigning en strekning før brattere synk.	Atkomsttunnel moderat bratt på synk (8-11% avh. av påhugssted). Muliggjør etablering av utgang mot fjorden før utslipp av vann før driving av hårnålsvinger. Hårnålsvinger drives på stigning i hele lengden; gunstig mht. vannhåndtering, ugunstig mht. utlasting med lang strekning nedoverbakke.		Spesielt lang stufflengde med driving kun fra Strandadalen, samt stigningsforholdene i hårnålsvingene gir en mer krevende tunnel enn normalt.
Landskap/synlighet	*	*	*	*	De synlige delene av tiltaket er svært begrenset.
Risiko - SHA (anleggsgjennomføring)	Lang stuff på synk i hårnålsvingene.	Kortere stufflengder, men potensielt mer samtidig arbeid og trafikk i tunnelen.	Fordel å drive på stigning under skredområdet mht. vannhåndtering. Ulempe mht. fullasta biler nedover. Fordel å kunne etablere en rømningsveg ut i dagen i bunnen før driving av hårnålsvingene. Selve atkomsttunnelen går på synk (8-11% avh. av påhugssted). Større overdekning på tunnelen gir potensielt størst problematikk med høye bergspenninger.		Vurderes å være mer risikofylt anleggsgjennomføring enn normalt for tunnel pga. lang stuff og bratt stigning. Potensiell problematikk med høye bergspenninger (fare for bergslag).
Risiko - SHA (driftsfase)	*	*	*	*	Tilkomst hele året. Vil ha tilkomst i tunnelen i perioder med høyt farenivå / økt bevegelse. Imidlertid ikke sikker tilkomst ved "kritisk" farenivå i skredområdet. Tunnelen prosjekteres slik at den er tilrettelagt for tilkomst (ventilasjon, lys osv.)
Tidsaspekt	Korteste totale tunnellengde, men lang stufflengde gir antatt lengre drivetid enn alternativ med atkomst til midtre del.	Antatt mulighet for kortere byggetid pga. kortere stufflengder og driving i to retninger fra midtre del.	Lengst tunnel og dermed antatt lengst byggetid. Én stuff.		Tunnel krever planleggingstid og flere års byggetid (foreløpig antakelse minimum 5 års byggetid).
Trinnvis etablering	Kan velge å bygge tunnelen i flere byggetrinn, det er i så fall nedre del av hårnålsvingene som forkortes.	Kan velge å bygge tunnelen i flere byggetrinn, det er i så fall nedre del av hårnålsvingene utsettes.	Kan ikke bygges trinnvis dersom man følger de foreslåtte prioriteringsområdene for drenering. Har mulighet for å slippe anleggsventilasjon ut gjennom utgang i bunnen ved eventuell trinnvis etablering.		Det er antatt dyrere å tilrettelegge for og bygge trinnvis. Tunnelprofilen må tilrettelegges slik at det er plass til både faste installasjoner og konstruksjoner og framtidig anleggsventilasjon. Det går an å bygge trinnvis, men er ikke nødvendigvis fornuftig.
Risiko - grunnforhold, skred og erosjon (driftsfase)	*	*	*	*	Mulig økt risiko for drenering utenfor skredområdet, f.eks. fjellvann (vurderes ifm. videre arbeider). Ved utslipp av vann fra tunnel ut i dagen; økt risiko for skred ifm utslippspunktene (antatt mulig å løse ved prosjektering).
Bærekraft - massehåndtering	*	*	*	*	Kvaliteten på massene antas å være god. Det er flere aktuelle prosjekter å bruke massene til (ny fv.60 i Hornindalen, rasvoller, aktuelle områder for opparbeidelse av ferdigregulerte industriområder). Det vurderes å være et høyt potensial for bærekraftig bruk. Det understrekes at det på nåværende tidspunkt ikke er avklart hvor massene skal. Det unngås deponering i verdensarvområdet.

Vurderingskriterier	Evaluering Tunnel - adkomst til øvre del	Evaluering Tunnel - adkomst til midtre del	Evaluering Tunnel - adkomst til nedre del	Evaluering av tunnel som dreneringstiltak
Arealverdier (natur- og kulturverdier)	*	*	*	Det forutsettes at rømningsutgangen tilpasses viktig kultur- og naturverdier i området. Det forutsettes, i vurderingene gjort i denne matrisen, at dreneringen ikke vil påvirke vegetasjon på overflaten. Nærmere vurderinger vil bli gjort senere i prosessen. Det forutsettes at dreneringsvann fra tunnelen ikke skader eksisterende kulturminner. Det er trolig å foretrekke for naturmiljø at vann dreneres mot vestre kløft (vil i mindre grad skade eksisterende humuslag og vegetasjon).
Drift og vedlikehold			Enklere driftsatkomst fra Strandadalen til bunnen av skredområdet (slipper å kjøre ned hårnålsvingene). Det antas at bunnen av tunnelen er et relevant vedlikeholdspunkt pga. vannoppsamling, ev. renseanlegg. Skiller ikke på dette i vurderingen her.	Drift og vedlikehold vurderes å være praktisk ift. tilkomst og forutsigbarhet, men vil ha en kostnad. Tunnel er vedlikeholdskrevende (installasjoner, konstruksjoner, bergsikring). Fuktig tunnel gir økt korrosjon på installasjoner. Bergsikringen på strekningen under skredområdet krever potensielt mer oppfølging og vedlikehold enn vanlig dersom krypdeformasjoner. Fuktig tunnel gjelder ikke nødvendigvis hele strekningen, vannsikring er aktuelt. Ved dreneringshull fra tunnelen: Antatt behov for å bore nye hull pga. kollaps/deformasjoner/hull som går tett. Hvis dette skjer sjelden ikke så problematisk. Ift. vedlikeholdsbehov mer sammenliknbart med tunneler for annen infrastruktur enn samferdselstunneler.
Kostnad for bygging	Korteste tunnelalternativ. Tunnellengder ca. 3,5+5,5 km og ca. 2,9+5,5 km fra hhv. påhugg Nakken og Høgghaugen sør. Kan ha andre kostnadsdrivere enn lengden; én lang stuff, vannhåndtering. Vurdert ift. påhugg Høgghaugen sør.	Tunnellengder ca. 4,1+5,5 km og ca. 3,1+5,5 km regnet fra hhv. påhugg Nakken og Høgghaugen sør. Vurdert ift. påhugg Høgghaugen sør: Lite forskjell på tunnellengde sammenliknet med alternativ hårnålsvinger fra øvre del, og derfor vurdert likt som denne. Har sannsynligvis kortere byggetid, noe som også spiller inn på kostnader. Kan derfor være noe gunstigere enn alternativ hårnålsvinger fra øvre del, men vanskelig å skille de i denne fasen.	Antatt høyest kostnad pga. lengst tunnel (ca. 4,6+5,5 km og ca. 3,4+5,5 km regnet fra hhv. påhugg Nakken og Høgghaugen sør). En lang stuff.	Tunnel har høy kostnad uansett alternativ.

*) For disse gjelder kommentaren for tunnel som dreneringstiltak/det er ikke relevant å skille mellom alternativene.

Påhugg Strandadalen

Vurderingskriterier	Evaluering Påhugg Nakken		Evaluering Påhugg Høghaugen nord		Evaluering Påhugg Høghaugen sør	
Antatt effekt av drenering		Ikke aktuell		Ikke aktuell		Ikke aktuell
Teknisk og praktisk gjennomførbarhet	Mer uoversiktlig ift. skred, kryssing av fylkesveg ved bruk av rasteplass til riggområde, mer arbeid med etablering anleggsveg og ev. riggområde inn til forskjæring og påhugg.		Delvis opparbeidede områder for rigg, men behov for mer areal som må opparbeides (eller bruke område i sør). Lang forskjæring eller oppstart av tunnel i forsinking i terrenget. Nærhet til bolighus. Anleggstrafikk gjennom gårdstun. Noe mer uoversiktlig ift. skred (sammenliknet med Høghaugen sør).		Enkel tilkomst, oversiktlig ift. skred, allerede opparbeidede områder for rigg, kort forskjæring i greie terrengforhold, antatt flere muligheter for vannhåndtering fra tunnelen.	
Landskap/synlighet	Inngrep i nytt, uberørt område. Forholdsvis kort forskjæring.		Berører kulturlandskap. Forskjæring i beitemark. Blir et fremmedelement i nærmiljøet til våningshusene. Eventuelle ledevoller er ikke vurdert.		Et område med mye inngrep fra tidligere. Området er opparbeidet. Eventuelle ledevoller er ikke vurdert.	
Risiko - SHA (anleggsgjennomføring)	Transport over fylkesvegen. Mer tunnel (masser, transport). Ift. skredfarevurdering mer uoversiktlig. Noe mer risiko knyttet til installasjon av steinsprangsikring.		Transport gjennom gårdstun og nærhet til bolighus. Snøskredsikringstiltak utføres i perioder uten snø.		Mulighet til å unngå transport gjennom gårdstunet. Snøskredsikringstiltak utføres i perioder uten snø.	
Risiko - SHA (driftsfase)	Lenger rømningsveg ut.		Atkomst gjennom gårdstun.			
Tidsaspekt	0,6-1,2 km lenger tunnel gir lenger byggetid.		Mer tid på å forberede riggområde, lenger forskjæring/mer arbeider i dagen.		Allerede opparbeidede områder for rigg, kort forskjæring.	
Trinnvis etablering		Ikke aktuell		Ikke aktuell		Ikke aktuell
Risiko - grunnforhold, skred og erosjon (driftsfase)	Mer uoversiktlig ift. skred.		Ganske oversiktlig ift. skred.		Oversiktlig ift. skred.	
Bærekraft - massehåndtering	0,6-1,2 km lenger tunnel gir mer masser.		Noen av massene blir brukt til å etablere ledevoll(er).		Noen av massene blir brukt til å etablere ledevoll(er).	
Arealverdier (natur- og kulturverdier)	Inngrep i myrområde. Direkte (men liten) konflikt med postvegen.		Nærhet til kartlagte naturtyper og myr. Skiller seg ut som den dårligste.		Få åpenbare konflikter. Tunnelen passerer myrområde bak Høghaugen (relevant å vurdere tetthetskrav).	
Drift og vedlikehold		Ikke aktuell		Ikke aktuell		Ikke aktuell
Kostnad for bygging	0,6-1,2 km lenger tunnel. Grovt sett 40-80 mill. kr ekstra.		Behov for opparbeiding av areal, lenger forskjæring/anleggsveg. Likevel relativt liten forskjell fra Høghaugen sør, og setter disse likt.			

Oppdragsgiver: Norges vassdrags- og energidirektorat, NVE
 Oppdragsnr.: 52309571 Dokumentnr.: ROS-NOT-01

Til: Norges vassdrags- og energidirektorat
Fra: Norconsult Norge AS
Sted, dato: Sandvika Vestfjordgaten / 2024-11-01
Kopi til:

Tidligfase georisiko- og SHA-vurdering

I forbindelse med arbeidene i fase 1 er det gjennomført en tidligfasevurdering av georisiko og SHA ved de ulike tiltakene for drenering av Åknes. For nærmere beskrivelse av datagrunnlag, grunnforhold og beskrivelse av de ulike tiltak og alternativene vises det til rapporten *Alternativvurdering av dreneringsløsninger* (FELLES-RAP-01).

1 Georisikovurdering

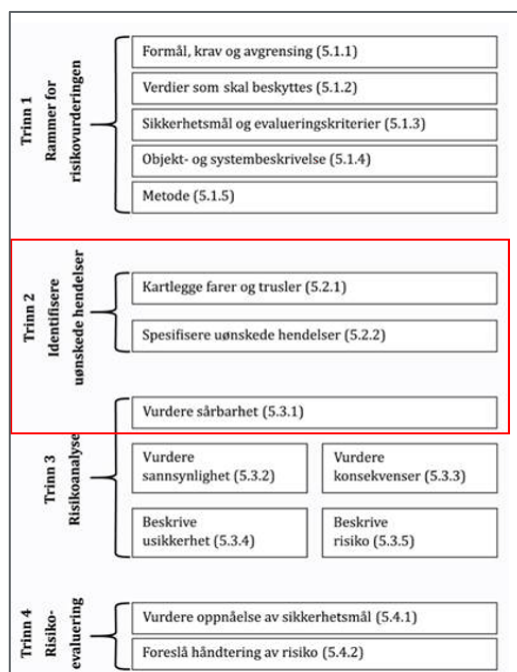
Bakgrunnen for at arbeid med georisikovurdering ble startet opp i denne fasen er gode erfaringer fra andre prosjekter med tverrfaglige georisikovurderinger knyttet til *BegrensSkade-prosjektet REMEDY*¹. Formålet med REMEDY-prosjektet var å utvikle metodikk og brukervennlig verktøy for «risikoinformerte» kost-nytte- og sårbarhetsanalyser for grunnarbeid, som til slutt skal hjelpe beslutningstaking. Dette er i stor grad knyttet til arbeider i utbygde strøk, men tankesett og metodisk tilnærming vil også kunne benyttes som et grunnlag inn i dette arbeidet.

1.1 Metode

I arbeidet med denne tidligfase analysen har Norconsult sett til og lagt til grunn, hovedprinsippene fra REMEDY prosjektet (*NGI-rapport 20170774-01-R*). Den metoden som er kommet frem til der bygger i hovedsak på rammeverk gitt i *ISO 31000:2018 Risikostyring Retningslinjer*. I tillegg er relevant informasjon fra norsk standard *NS-EN 5815 Risikovurdering av anleggsarbeid* og rapporter publisert av Svenska geotekniska föreningen benyttet: *Riskidentifisering – metoder för att hitta hot och möjligheter (SGF, 2014)* og *Hantering av geotekniska risker i projekter – Krav (SGF, 2014)*.

I forhold til dette prosjektet er Norconsult sin tilnærming at det beste resultatet for arbeidet vil være å utføre analysen i henhold til 5814:2021 *Krav til risikovurderinger*.

Analysearbeidet som er gjort nå er gjennomført i forprosjektets fase 1, altså tidlig i prosessen. Det er derfor valgt å ikke gjennomføre en full risikoanalyse på nåværende tidspunkt, men å identifisere risikoforhold ved de ulike tiltak og alternativ som kan påvirke beslutning, herunder identifisere om det er mulige risikoreducerende tiltak å iverksette. Dette tilsvarer



Figur 1-1 - Risikovurderingsprosessen iht. NS5814.

¹ <https://www.ngi.no/en/projects/remedy/wp-5/>

Oppdragsgiver: Norges vassdrags- og energidirektorat, NVE
Oppdragsnr.: 52309571 Dokumentnr.: ROS-NOT-01

trinn 2 og første del av trinn 3 i den skjematiske fremstillingen av risikovurderingsprosessen (rød firkant i figur 1-1). Metoden er også tilpasset fasen prosjektet er i med høy grad av usikkerhet og flere mulige alternative løsninger. De resterende fasene av prosessen vil bli gjennomført når dreneringstiltak er valgt.

Det som er gjennomført nå vil være med videre inn i forprosjektet og detaljeres ytterligere når tiltak er valgt. Dette notatet vil være et viktig grunnlag for SHA-analyser på et senere tidspunkt og ROS-analyse for reguleringsplan.

Det er viktig å ha med seg at disse risikoelementene må sees på med lang tidshorisont. I utgangspunktet i et perspektiv langt ut over 100 år som ofte er vanlig i en del risikoanalyser. Lykkes en med tiltakene er det tilnærmet at det må sees på i et evighetsperspektiv.

For å sikre en bred deltakelse med relevante ressurser og bred kompetanse fra både fra NVE og Norconsult har arbeidet med fareidentifikasjon foregått gjennom tre arbeidsmøter. Det ble gjennomført vurderinger av hovedtiltakene avskjæringsgrøfter, dreneringstunnel og dreneringshull. Deltakere på møtene fremgår av Tabell 1:

Tabell 1 - Oversikt over deltakere i de enkelte arbeidsmøtene.

Deltakere arbeidsmøter	Firma	Rolle	Møte 1 Avskjærings- grøfter	Møte 2 Drenerings- tunnel	Møte 3 Drenerings- hull
Idun Nessestrand Vefring	NVE	Prosjektleder	X	X	X
Eli Anne Støfring	NVE	Ass. prosjektleder		X	
Jan Bakke Flore	NVE	Regionssjef/ Fagansvarlig sikring	X	X	X
Sverre Magnus Havig	NVE	Seksjonssjef	X	X	X
Tore Bergeng	NVE	Teknisk ansvarlig	X	X	X
Jøran Reppen Endestad	NVE	Tekniker	X	X	X
Pål Randolph Hagen Røssevold	NVE	Tekniker	X	X	X
Gustav Pless	NVE	Geolog	X		
Pernille Ibsen Lervåg	NO ²	Oppdragsleder	X	X	X
Nicole Ragvin	NO	Ass. oppdragsleder/ fagansvarlig ingeniørgeologi	X	X	X
Clara Sena	NO	Fagansvarlig hydrogeologi	X		X
Eirik Olsen	NO	Oppdragsmedarbeider hydrogeologi		X	
Hedda Storvik Olsen	NO	Oppdragsmedarbeider SHA	X	X	X
Katherine Aurand	NO	Fagansvarlig hydrologi	X	X	X
Kevin Medby	NO	Fagansvarlig samfunnssikkerhet	X	X	X
Torbjørn Andersen	NO	Fagansvarlig anleggsgjennomføring	X	X	
Øyvind Armand Høydal	NO	Fagansvarlig skred	X		

² NO – Norconsult Norge AS

2 Fareidentifikasjon og overordnet vurdering av sårbarhet for de enkelte alternativene.

I det videre fremkommer de faremomenter, som er kommet frem for det enkelte tiltak og ulike alternativ gjennom arbeidsmøtene, samt en overordnet konklusjon knyttet til disse ut fra et georisiko- og SHA-perspektiv.

Et overordnet punkt, som gjelder for alle tiltak som etableres fra dagen (grøfter og dreneringshull), er begrensninger knyttet til helikoptertransport. I dette området vil det være en begrensning på last som kan flys inn og ut. Maks løft i området vil kunne utføres med SuperPuma helikopter, som har en løftekapasitet på 3-3,5 tonn. Vanlig helikopter som kan være tilgjengelig kontinuerlig i området vil ha en vektbegrensning på last på ca. 1000 kg.

2.1 Grøfter for avskjæring og bortledning av overflatevann over baksprekk

For tiltaket med etablering av grøfter for avskjæring og bortledning av overflate vann over baksprekk er risikomomentene som kom frem gjennom arbeidsmøte listet i Tabell 2.

Det er to aktuelle alternativer for plassering av avskjæringsgrøfter:

- Alternativ 2 er en trappetrinn-løsning nær baksprekken langs hele traseen. Total grøftelengde er ca. 770 m, og løsningen består av 8 grøfter. Dette alternativet er plassert for å kunne fange mest mulig vann fra overflaten oppstrøms baksprekken.
- Alternativ 3 består av sammenhengende grøfter som er plassert høyere opp i fjellsiden. Alternativet tar utgangspunkt i at det er krevende å etablere grøfter vest i terrenget og at sammenhengende grøfter vurderes å være mer fordelaktig. Total grøftelengde er på ca. 410 m, og løsningen består av 2 grøfter, hvorav den lengste er ca. 330 m lang.

Alternativ 2 har størst risikopotensial av disse to alternativene fordi grøftene strekker seg lengre mot vest i bratt terreng, samt at terrenget er generelt brattere langs traseen og det er flere overføringspunkter mellom grøftene. Likevel vurderes flere av risikoelementene som er identifisert å være aktuelle for begge alternativene. Basert på innspill og diskusjon i arbeidsmøtet er tidligfasekonklusjonen ut fra georisikoforhold og SHA-forhold at alternativet på nåværende tidspunkt innehar risikoelementer ved gjennomføringen. Dette knytter seg til grunnforhold og den faktiske mulighet til å etablere et fungerende sammenhengende grøftesystem. Videre er det også noe usikkerhet om hvor mye vann som en faktisk klarer å føre bort fra området. Herunder om vann vil gå under membran i grøftene og ikke ledes bort, men gå i grunnen likevel, og videre om det er behov for tiltak i bekker som vannet skal føres til slik at det ikke oppstår flomskader i disse. Det vil være usikkerhet knyttet til oppsamlingseffekten av grøftene videre i prosjektet og fram til tiltaket er etablert, men mye av usikkerheten per i dag er på grunn av at prosjektet er i en tidlig fase hvor kun overordnede vurderinger har blitt utført, samt at det ikke er utført grunnundersøkelser ovenfor baksprekken.

Videre er det risikoelementer knyttet til anleggsgjennomføring og at arbeidene vil kunne medføre fare for utilsiktet nedfall av stein/masser som potensielt kan skade eksisterende overvåkingsutstyr og hytter/gamle setre i nedre del. Anleggsområdet må også sikres mot steinsprang slik at arbeidene kan gjennomføres på en trygg måte. Denne anleggsperioden vil også medføre behov for et høyt antall

Oppdragsgiver: Norges vassdrags- og energidirektorat, NVE
Oppdragsnr.: 52309571 Dokumentnr.: ROS-NOT-01

helikopterbevegelser, både for transport av personell, men også utstyr og masser inn og ut av området.

Tabell 2 - Oversikt over farer identifisert i arbeidsmøte for tiltaket med avskjærende grøfter.

Fare	Kommentar	Relevant for	
		Georisiko	SHA
Anleggsarbeid kan utløse steinsprang i området. Utisiktet nedfall av stein/masser fra anlegget kan forekomme ifm. håndtering av masser.	<p>Sikringstiltak i underkant av anleggsområdet antas å være aktuelt.</p> <p>Eksisterende overvåkingsutstyr i skredområdet må hensyntas.</p> <p>Det er bygninger (hytter/gamle setre) i bunnen, som må hensyntas, ev. også båttrafikk i fjorden.</p> <p>Det er jaktterreng i områdene under.</p>	X	X
Usikkerhet pr. nå når det gjelder grunnforhold i grøftetraseer.	Det antas at det er varierende løsmassetykkelser på 0 – 5 meter i området. Dette gjør det utfordrende å planlegge trasé for grøfter. Det anbefales supplerende grunnundersøkelser i området for å redusere usikkerheten. Geofysiske undersøkelser og prøvegraving er mest aktuelt. Grøftetraseer vil likevel kreve prosjektering og tilpasning under bygging.	X	
Grøfter i alternativ 2 krever en mer omfattende anleggsgjennomføring	Usikkert om det som for tiltaket er betegnet som alternativ 2 lar seg gjennomføre, spesielt vestre del hvor det er bratt og urområder. Det er også brattere terreng langs midtre og østre del av alternativ 2.	X	X
I den sentrale delen av området vil det være fare for at det oppstår glideskred (snø) fra toppen.	Denne faren vil påvirke sesongen det kan arbeides i. Samlet sett vurderes sesongen til å være fra juli til oktober, men dette vil kunne variere fra år til år.	X	X
Anleggsarbeidet kan medføre jordskred	Håndtering og deponering av masser kan medføre utglidninger/jordskred.	X	X
Vann går i grunnen under grøfta og ledes ikke bort	Vann vil kunne bevege seg under membran/under grøftene. Dette kan medføre redusert effekt av tiltaket.	X	
Usikkerhet i hvor mye vann som vil avskjæres og ledes bort i grøftene og effekt av grøftene	<p>Det er på nåværende tidspunkt usikkerhet knyttet til hvor effektivt tiltaket med avskjærende grøfter vil være med tanke på drenering av skredområdet. Det er spesielt usikkerhet knyttet til områdene i vest hvor tiltaket antas svært krevende å etablere.</p> <p>Det er usikkerhet til om grøftene vil fungere som beskrevet.</p>	X	

Fare	Kommentar	Relevant for	
		Georisiko	SHA
Islag etablerer seg i topp av grøft og vann renner over grøft.	Det er en fare for at det kan bygge seg opp et islag på toppen av grøften som gjør at vann renner over grøften i smelteperioder og ikke avskjæres og ledes bort fra området.	X	
Sprengningsarbeid påvirker det ustabile fjellpartiet	Av gruppen i arbeidsmøtet ble det ikke vurdert at grøftesprengning i det aktuelle området vil være problematisk i forhold til påvirkning på det ustabile fjellpartiet eller føre til økt sannsynlighet for utløsning av større fjellskred. Det er aktuelt med krav om forsiktig sprengning og vibrasjonskrav.	X	
Usikkerhet knyttet til kapasitet i bekkene nedstrøms grøfter (øst for skredområdet).	Grøfter skal føre vann til bekker nedstrøms, det antas på nåværende tidspunkt at det er kapasitet i tiltenkt bekk til å tåle tilført vannmengde. Samtidig er det usikkerhet i estimerte vannvolum og hvor mye som faktisk vil samles opp. Analyse av flomveier og befaring bør utføres i forbindelse med videre prosjektering. Økt vannføring i bekk kan også medføre følgeskader for skred. Det er aktuelt å vurdere behov for erosjonssikring i bekken.	X	
Deponering av masser.	Det er usikkerhet rundt massebalanse. Det er også viktig at sprengningen utføres på en slik måte at massene kan gjenbrukes. Deponering av masser må utføres på en slik måte at det ikke kan bli vasket nedover fjellsiden i løpet av noen sesonger. Mellomlagring kan etableres.	X	
Hull på rør i grøft	Kantete og spisse omfyllingsmasser kan skade rør og en oppnår ikke ønsket effekt, rør må byttes. Dette er kun aktuelt hvis rør benyttes ifm. etablering av grøfter.	X	X
Grøfter må vedlikeholdes	Det vil bli etablert kummer i grøftene for å kunne se om det ledes vann og ønsket effekt oppnås. Dette kan trolig designes på en slik måte at inspeksjon med kamera er mulig å gjennomføre. Videre vil det kunne forekomme at rør sprekker, eller at det blir endringer i grunnen som påvirker rørsystem. Dette er kun aktuelt hvis rør benyttes ifm. etablering av grøfter. Uavhengig av valgt konsept for oppbygging av tverrsnittet, vil det etableres et overvåkningssystem for å bistå arbeid med vedlikehold. Dersom det velges å etablere grøfter med materialer med begrenset levetid vil det føre til økt vedlikeholdsbehov.	X	X
Arbeidet vil medføre et stort antall helikopter-bevegelser	Utstyr må flys inn og ut, materiell og masser i forbindelse med masseutskifting kan måtte flys		X

Fare	Kommentar	Relevant for	
		Georisiko	SHA
	inn, usikkert om masser må flys ut, transport av personell.		
Anleggsområdene vil være skredutsatt	Det må etableres fangnettgjerd for å sikre anleggsområdene mot steinsprang. Dette sikringsarbeidet vil medføre en risiko tilsvarende skredsikringsarbeider ved andre lokaliteter. Plan for skredvarsling må utarbeides, herunder hvilke marginer mv. som aksepteres.		X
Anleggsarbeidere vil måtte overnatte i området for å sikre effektivitet i arbeidet og ikke bli forhindret av dårlig flyvær	Tilpasset anleggsrigg (mountain camp) vil bli liggende skredutsatt til da det vurderes utfordrende å plassere den på et skredsikkert område. Sikringstiltak må etableres (fangnettgjerd).		X
Nødvendig skredsikring vil ikke være på plass i forbindelse med forundersøkelser	Plan for skredvarsling må utarbeides, herunder hvilke marginer mv. som aksepteres.		X
Arbeidere pådrar seg skader under anleggsperioden.	Det må være en plan for evakuering, forsterket førstehjelpskompetanse på stedet. Evakuering kan bli vanskelig dersom det er dårlig vær.		X
Raske endringer i været kan medføre fremdriftsutfordringer	Endringer i værforhold, spesielt høsten med tåke og vind, kan gi utfordringer i forhold til helikoptertransport inn og ut. Både transport av mannskaper, men også nødvendig utstyr og masser.		X
Akutt forurensning fra anleggsmaskiner	Havari på maskiner kan medføre akutt forurensning i terrenget.		X
Tungt utstyr for anleggsgjennomføring	Utstyr på opp mot 15 tonn må flys inn i deler og monteres på plassen (størrelsen på utstyret er basert på markedsdialog med aktuelle leverandører).		X

2.2 Dreneringshull

For tiltak med etablering av dreneringshull kom risikomomentene, som fremgår av Tabell 3, frem gjennom arbeidsmøte.

Det er to alternativer for dreneringshull fra overflaten:

- Dreneringshull fra overflaten i nedre del som et alternativ til å drive tunnel i hårnålssvinger helt til bunnen av skredområdet. Dette er ikke vurdert å være aktuelt som et dreneringstiltak alene. Kombinasjon med dreneringstunnel og/eller kombinasjon med avskjæringsgrøfter er aktuelt.
- Dreneringshull fra overflaten i en større del skredområdet (inkl. dreneringshull i nedre del).

Dreneringshull fra overflaten i skredområdet har størst risikopotensial av disse to alternativene. Likevel vurderes flere av risikoelementene som er identifisert å være aktuelle for begge alternativene.

Basert på innspill og diskusjon i arbeidsmøte er tidligfasekonklusjonen ut fra georisikoforhold og SHA-forhold at spesielt alternativet med dreneringshull fra overflaten i skredområdet på nåværende tidspunkt innehar betydelige risikoelementer ved både anleggsgjennomføring, system for bortledning av vann som dreneres ut, grunnforholdsrisiko og effekt. Dette knytter seg bl.a. til risiko for

Oppdragsgiver: Norges vassdrags- og energidirektorat, NVE

Oppdragsnr.: 52309571 Dokumentnr.: ROS-NOT-01

boreproblemer i oppsprukket bergmasse med svært åpne sprekker, usikkerhet omkring hvor man vil treffe vannførende soner, fare for at vann som dreneres fra dypere lag følger hullet ut eller beveger seg ut i grunnere, oppsprukket sone.

Videre er det risikoelementer knyttet til anleggsgjennomføring og spesielt etablering av nye arbeidsplattformer inne i skredområdet og system for avledning av vannet ut avskredområdet. For dreneringshull inne i selve skredområdet er det tatt utgangspunkt i eksisterende lokaliteter benyttet for kjerneboringer. Det vil være behov for utvidelse av eksisterende plattformer fordi disse er i bruk i forbindelse med pågående instrumentering av skredområdet. Også denne anleggsperioden vil kunne medføre et behov for høyt antall helikopterbevegeleser.

Det bemerkes at det kun er borested i nedre del av området som er befart av Norconsult på nåværende tidspunkt.

Tabell 3 - Oversikt over farer identifisert i arbeidsmøte for tiltak med dreneringshull.

Fare	Kommentar	Relevant for	
		Georisiko	SHA
Boring i oppsprukket bergmasse	Fare for boreproblemer på grunn av oppsprukket berg. I tidligere utførte kjerneboringer er det erfart krevende partier i forbindelse med oppsprukket berg og spesielt åpne sprekker. Dette gjelder spesielt ved boring i midtre og øvre del av skredområdet. Vil kunne gi utfordringer med å etablere dreneringspunkt som planlagt. Videre vil det kunne gi utfordringer for boreutstyr med fastkiling og tap av utstyr.	X	
Vann på avveie før det kommer ut i dagen	Fare for at vann som dreneres fra dypere lag kan bevege seg ut i umettet, oppsprukket sone og/eller i mettet sone med undertrykk i stedet for å følge dreneringshullet ut i dagen. Vann som kommer på avveie kan medføre uønsket tilførsel av vann til grunnvannssystemet og potensiell trykkoppbygging nye steder, noe som vurderes å kunne gjøre situasjonen verre i det ustabile området, spesielt ved boring inne i skredområdet.	X	
Usikkerhet i hvor de vannførende sprekkenes er	Borehull er nålestikk i bergmassen. Det er fare for at vannførende sprekker ikke påtreffes ved boringen og det må påregnes «prøving og feiling».	X	
Fare for boreavvik	Pga. liten vinkel mellom borehull og hovedsprekkeretning i bergmassen, kan hullet «dra seg» oppover parallelt hovedsprekkeretningen i stedet for å krysse gjennom disse sprekkenes.	X	
Utfordring med å måle vann som kommer ut	Vann som kommer ut av dreneringshullene må måles for å gi oversikt over mengde en klarer å samle opp. Det er utfordrende å finne løsninger for hvordan dette skal kunne samles og måles. Det må etableres strøm til instrumentering, hullet må være frostfritt.	X	

Fare	Kommentar	Relevant for	
		Georisiko	SHA
Håndtering av vann i driftsfase.	<p>Vann som kommer ut av dreneringshull må ledes bort via slanger eller andre løsninger. Det er viktig at disse er robuste med tanke på steinsprang og snøskred i fjellsiden slik at det ikke oppstår brudd/ skader på disse. Videre må ikke disse slangene etableres på en slik måte at vann fryser i slangene i vintersesongen.</p> <p>Det vurderes å være fare for svikt i systemet for bortledning av vann og dermed fare for vann på avveier i det ustabile partiet i forbindelse med håndtering av vannet.</p>	X	
Ustabilitet i borehull	Ras i hull i driftsfase medfører at borehull tettes og gir behov for økt vedlikehold. Krever ny boring.	X	
Vannkvalitet	Geokjemisk innhold i vann som dreneres ut er ikke kjent. Eventuelt behov for rensing før utslipp må avklares.	X	
Tilgang på plass ved siden av eksisterende borehull	NVE har behov for de allerede etablerte boreplattformene i forbindelse med pågående instrumentering. Det vil være nødvendig å utvide eksisterende boresteder eller etablere nye boresteder.	X	
Etablere ny infrastruktur	<p>Det må etableres ny infrastruktur (plattform) på alle boresteder. Det vurderes å kunne være utfordrende å bruke eksisterende gjenstående areal ved eksisterende boreplattformer. Dette fordi gjenstående arealer blir benyttet til landingsplattform, strømbrakke mv. Infrastrukturen må også ha nok areal både til landing av helikopter og areal for boring. De nyest etablerte plattformene er trolig enklere å få til enn eldre plattformer.</p> <p>Det antas at det er mulig å utvide plassene noe, men det er nesten like arbeidskrevende å utvide som å bygge ny. Det kan imidlertid være litt lettere å utvide en eksisterende plass, fordi en da har et utgangspunkt i fjellsiden.</p> <p>Plattformen som etableres må være permanente.</p>	X	X
Tilgang på vann	<p>Det kan være utfordrende å få på plass løsning knyttet til vann for boring.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kan hentes fra Instevatnet. • Kan være en mulighet å bruke dreneringsvann til boring videre • Kan bore med sjøvann fram til man får dreneringsvann, for å ikke hente vann 	X	X

Fare	Kommentar	Relevant for	
		Georisiko	SHA
	fra Instevatnet. Dette er mest aktuelt for boring i nedre del. <ul style="list-style-type: none"> Vann kan måtte flys inn 		
Utløsning av større skred pga. boring	Det vurderes på nåværende tidspunkt at boring av dreneringshull ikke vil påvirke stabiliteten til hele skredområdet. Vann på avveie før det kommer ut i dagen vurderes å kunne gi økt risiko (se eget punkt over).	X	X
Boring må utføres på slak stigning	Antas å være mer kompleks i forhold til utførelse og hullstabilitet sammenliknet med vertikal boring (de fleste eksisterende kjernehullene på Åknes er vertikale).		X
Arbeidet vil medføre et stort antall helikopter bevegelser	Boremaskin(er) må flys inn og ut og mellom boresteder. Annet utstyr, materiell og personell må også flys. Det kan per nå ikke helt utelukkes at borekaks må flys ut og det kan ikke helt utelukkes at vann for boring kan måtte flys inn.		X
Skred i anleggsfasen	Det kan gå skred i anleggsfasen som utsetter arbeiderne for fare. Sikringstiltak mot steinsprang er aktuelt, samt at opphold og arbeid vurderes i forhold til forutgående vær og nedbør.		X
Utglijning av infrastruktur (arbeidsplattform) for boring	Det er en fare for at infrastruktur som etableres i fjellsiden kan skli ut. Må håndteres med tilstrekkelig prosjektering og nødvendige sikringstiltak.		X
Skred rammer helipader	Det må etableres skredsikre helipad over snø. Det er ikke behov for dette på hver plass dersom en kan gå trygt mellom to plasser med begrenset avstand.		X
Trykkreduksjon av produksjonsvann	Dersom det skal hentes vann fra Instevatnet forventes utfordringer knyttet til trykkreduksjon. Trykkhåndtering vil bli en viktig del av planlegging av anleggsgjennomføring.		X
Tilkomst nedre del	Boring fra nedre del av området vil ha lettere tilkomst for personell, da denne delvis kan løses med båttransport.		X

2.3 Dreneringstunnel

For tiltak med etablering av dreneringstunnel kom risikomomentene, som fremgår av Tabell 4, frem gjennom arbeidsmøte:

Basert på innspill og diskusjon i arbeidsmøte er tidligfasekonklusjonen ut fra georisikoforhold og SHA-forhold at alternativet på nåværende tidspunkt innehar enkelte risikoelementer ved gjennomføringen. I hovedsak vil en slik tunnel kunne drives uavhengig av sesong og uten å ta hensyn til skredfare i fjellet, som de to andre typer tiltak må. Det er på nåværende tidspunkt vurdert at driving av tunnel med en del identifiserte tiltak og hensyn ikke vil ha påvirkning på stabiliteten i fjellsiden over tunnelen.

Oppdragsgiver: Norges vassdrags- og energidirektorat, NVE
 Oppdragsnr.: 52309571 Dokumentnr.: ROS-NOT-01

Det foreligger 3 alternativer for dreneringstunnel. Felles for alle tre alternativene er de omfatter tunneltraseer som går i hårnålsvinger for å dekke skredområdet og oppnå formålet med best mulig dreneringseffekt. Forskjellen mellom alternativene er adkomsttunnelen sin trasé inn til skredområdet:

- adkomsttunnel på stigning til øvre del av skredområdet, deretter på synk i hårnålsvinger langs skredområdet
- adkomsttunnel på stigning før den går på synk ned mot midtre del av skredområdet. Videre vil det drives hårnålsvinger på stigning mot øvre del og på synk mot nedre del.
- adkomsttunnel på synk til nedre del av skredområdet, deretter på stigning i hårnålsvinger opp langs skredområdet.

Dreneringstunnelen under selve skredområdet (hårnålsvingene) vil ha en helning på 1:7, dvs. 14% stigning.

Et viktig moment i denne sammenhengen er lang stufflengde med driving kun fra Strandadalen, samt stigningsforholdene i hårnålsvingene som gir en mer krevende tunnel enn normalt.

For en fremtidig driftssituasjon med en slik dreneringstunnel er det risikoelementer knyttet til oppfølging og overvåking av bergsikring, drift og vedlikehold av utstyr (som vil stå i et fuktig miljø) og behov for etablering av nye dreneringshull som i hovedsak er identifisert på nåværende tidspunkt.

Spesielt når en ser på hvordan en kan drive tunnel uavhengig av sesong, hvordan fremtidig drift og vedlikehold kan utføres, samt mulighet for å ha kontroll på drenert vann, så vurderes dette alternativet å medføre lavest risiko på nåværende tidspunkt både i forhold til georisiko og SHA.

Tabell 4 - Oversikt over farer identifisert i arbeidsmøte for tiltak med dreneringstunnel.

Fare	Kommentar	Relevant for	
		Georisiko	SHA
Påvirkning på stabiliteten til skredområdet	Det er på nåværende tidspunkt vurdert at driving av tunnel med plassering utenfor aktiv sone i skredområdet medfører at stabilitet i skredområdet ikke påvirkes. Det er aktuelt med flere tiltak ved driving av tunnel for å hensynta dette forholdet (overvåking under tunneldriving, undersøkelser fra tunnelen under bygging og forsiktig sprengning).	X	
Fare for bergslag	Potensiell problematikk med høye bergspenninger pga. stor overdekning.	X	X
Utfordrende med riktig plassering av tunnel	Det er usikkerhet knyttet til faktisk dybde til aktiv sone i skredområdet. Det anbefales at tunnelen plasseres utenfor aktiv sone i skredområdet. Utstrekning til aktiv sone er imidlertid beheftet med usikkerhet. Det er per nå antatt en dybde på skredområdet på 100 m basert på identifiserte bevegelser/skjærsoner i borehull.	X	
Drift og vedlikehold av dreneringshull	Det må etableres et drifts- og vedlikeholdsprogram slik at ikke dreneringshull tettes over tid. Det må være et system for å fange opp slam som følger med dreneringsvann.	X	
Fuktig miljø i tunnel påvirker installasjoner	Tekniske installasjoner vil bli påvirket og må prosjekteres til å tåle miljøet inne i tunnelen.	X	

Fare	Kommentar	Relevant for	
		Georisiko	SHA
	Lavspent, tele (kommunikasjon), ventilasjon, bør ha luftgjennomstrømning for å få lengre levetid på teknisk utstyr. En mulig løsning er etablering av utstyr i containere med klimakontroll for å ha lav fuktighet og tørre omgivelser.		
Vannhåndtering og vannkvalitet i driftsfasen	Det er ønskelig at vann samles opp og ledes i rør i stedet for i åpne grøfter inne i tunnelen. Det er usikkerhet rundt geokjemisk innhold i vann som dreneres ut. Det kan være behov for rensing av vann før det slippes ut.	X	
Feil/ underestimert prognose for bergsikring og injeksjonsprognose for tunnel.	Underestimerer knyttet til bergsikring og injeksjonsbehov i tunnel kan medføre økte kostnader for prosjektet samt behov for å iverksette tiltak underveis i driving.	X	
Uønsket påvirkning på omgivelser pga. drenering av vann til tunnelen	Drenering av grunnvann til tunnelen kan påvirke Instevatnet dersom dette er grunnvannsmatet. I forbindelse med videre prosjektering må det vurderes behov for tetthetskrav i tunnelen.	X	
Ras i tunnel	Tunnelstabiliteten må i varetas gjennom tradisjonell sikring i tunnel bolter og sprøytebetong. Under skredområdet kan det være relevant med spesiell dimensjonering av bergsikring og overvåking over tid for å følge opp tunnelens stabilitet.	X	X
Vannhåndtering under tunneldriving	Må ha kontroll på mengde vann som renner inn i tunnelen. Under tunneldrivingen antas at vann tas ut påhugget i Strandadalen. For alle tunnelstrekninger som går på synk vil det være behov for pumping av vannet. Viktig med tilstrekkelig pumpekapasitet og reservepumper.		X
Transporter inn og ut av tunnelen – stor stigning i tunnel	Tunneldriving vil kreve mye massetransport inn og ut av tunnelen, samt betongbiler (for bl.a. sprøytebetong). Det vil være behov for transport med fullastede kjøretøy i tunnel med bratt stigning og/eller synk. Stigningsforhold i adkomsttunnelen varierer mellom de ulike alternativene. Selve dreneringstunnelen er lik, men har ulike stofflengder.		X
Ventilering av tunnel	Det er foreløpig ikke gjort vurderinger knyttet til ventilasjonsbehov for tunnel. Dette gjelder både under anleggsperiode og fremtidig driftssituasjon.		X
Uønskede hendelser i tunnel stenger veien	Det må vurderes en nødutgang i tunnelen i bunn slik at ikke brann eller andre hendelser medfører at en ikke kan evakuere ut av tunnel, alternativt kan det etableres redningskontainer/ redningsrom inne i tunnelen. Dette må		X

Oppdragsgiver: Norges vassdrags- og energidirektorat, NVE

Oppdragsnr.: 52309571 Dokumentnr.: ROS-NOT-01

Fare	Kommentar	Relevant for	
		Georisiko	SHA
	vrderes nærmere og som minimum tilfredsstillende forskriftskrav.		
Stor vannlekkasje/vanninnbrudd under tunneldriving	Det vil være aktuelt med sonderboring og behovsprøvd injeksjon for å håndtere innlekkasjer under driving. Ved injeksjon på strekningen under skredområdet vil det være relevant å punktere injeksjonsskjermen med dreneringshull i etterkant slik at ikke dreneringseffekten reduseres.		X
Trafikkforhold	Driving av tunnel vil kreve en god del massetransport. Foreløpig er det ikke avklart hvor masser skal transporteres. Sommerstid er det mye turisttrafikk på rv. 60.		X
Infrastruktur kraftforsyning	I nærheten av påhuggene er det en trasé for 22 kV linje tilhørende Stranda Energi. Denne må hensyntas i forbindelse med sprenging i forskjæringsområdet og første del av atkomsttunnelen. Eier vil sette krav til rystelser.		X
Støy og støv påvirkning av naboer	Det er noen få naboer tett på alternativer for påhugg. Disse må hensyntas i videre planlegging og tilstrekkelig avbøtende tiltak må ev. etableres.		X

Revisjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent
J01	2024-11-01	For oversendelse til NVE	KHMe	HeOlse	PerLer

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

- **Referat fra beslutningsmøte knyttet til overgangen fra fase 1 til fase 2 i Åknes dreneringsprosjekt. Gardermoen 21.-22.oktober 2024.**

Dato: 21-22.10.2024	Sted: Gardermoen	Tid:		
Møteleder: Pernille Ibsen Lervåg og Nicole Ragvin		Referent: Pernille Ibsen Lervåg		
Virksomhet:	Navn/Init.:	Rolle/Ansvar:	Til stede:	Kopi:
Norconsult Norge AS	Pernille Ibsen Lervåg Nicole Ragvin Katherine Aurdal Torbjørn Andersen Clara Sena Sindre Blindheim		X X X X X X (kun dag 1)	
NVE	Idun Nessestrand Vefring Eli Anne Støfring Jan Bakke Flore Aart Verhage Lars Harald Blikra Gustav Pless Tore Bergeng Pål R. H. Røssevold		X X X X X X X X	
Neste møte:	Sted:	Tid:		

Punkt:	Sak:	Frist/ Utført:	Ansvar
AGENDA DAG 1			
12:30-13:20: Innledning			
<ul style="list-style-type: none"> • Formålet med, og program for, samlingen v/Pernille • Kort presentasjon av fase 1-rapport og anvendt metode/prosess v/Pernille • Kort oppdatering vedrørende overgangen til Statens prosjektmodell og hvilke konsekvenser det har for valg av løsninger og beslutningsmyndighet v/Pernille • Prioriteringsområder for drenering v/Clara • Om verifisering av tiltakene v/Katherine 			
13:20-14:20: Gjennomgang av løsninger - fordeler og ulemper (kap.6 i rapport)			
<ul style="list-style-type: none"> • Presentasjon av vurderinger gjort for grøfter v/Katherine • Presentasjon av vurderinger gjort for dreneringshull v/Nicole • Presentasjon av vurderinger gjort for tunnellsesning v/Torbjørn • Presentasjon av vurderinger gjort for påhugg v/Nicole 			

Punkt:	Sak:	Frist/Utført:	Ansvar
14:30-15:15:	Valg av tunneltrasé-alternativ(er) for videre arbeid i fase 2 (kap.7 i rapport)		
	<ul style="list-style-type: none"> Gjennomgang av vurderingsmatrise v/Torbjørn Innspill og diskusjon v/alle Beslutning – Valg av tunneltrasé-alternativ(er) for videre arbeid i fase 2 		
15:15-15:30:	PAUSE		
15:30-16:30:	Gjennomgang av vurderingsmatrise påhugg v/Nicole		
16:30-17:00:	Valg av påhuggsalternativ(er) for videre arbeid i fase 2 (kap.7 i rapport)		
	<ul style="list-style-type: none"> Gjennomgang av vurderingsmatrise v/Nicole Innspill og diskusjon v/alle Beslutning – Valg av påhuggsalternativ(er) for videre arbeid i fase 2 		
<p>Presentasjonen brukt i møtet er en del av dokumentasjonen fra møtet.</p> <p>Referatet oppsummerer hovedpunkter/beslutninger, men gjengir ikke alle detaljer.</p> <p>Referatet må ses i sammenheng med både presentasjonen fra møtet, samt «fase 1-rapporten», som var underlag for møtet, og som vil bli ferdigstilt og levert 1.november.</p> <p>I endelig versjon av rapporten vil anbefalingene (kapittel 7) være oppdatert på bakgrunn av diskusjoner og konklusjoner i dette møtet.</p>			
Innledning			
<u>Statens prosjektmodell/KVU/utredningsinstruksen</u>			
	<ul style="list-style-type: none"> Norconsult er enige med NVE i at det er rett at prosjektet skal inn i Statens prosjektmodell gitt den anslåtte investeringskostnaden som vi nå kjenner til. Norconsult har ikke sett bestillingen fra departementet, og er ikke kjent med at NVE har laget et utfordringsnotat som svar på bestillingen. Videre har Norconsult ikke sett et fastsatt mandat og et samfunns mål gitt fra departementet. Norconsult har etterlyst dette. Norconsult oppfordrer NVE til å få formalitetene med departementet på plass. Norconsult vurderer at det må utarbeides en samfunnsøkonomisk analyse (i en eller annen form) uavhengig av om prosjektet skal inn i statens prosjektmodell eller ikke. Dette begrunnes med kravene i utredningsinstruksen. Norconsult informerte om at et forprosjekt i henhold til statens prosjektmodell skal inneholde mer enn det som er planlagt i det tekniske forprosjektet. Norconsult opplyste om at NVE kan vurdere å søke om unntak fra KVU og KS1 hvis de mener at det ikke er konseptuelle forskjellige alternativer. Dette må i tilfellet diskuteres med departementet. 	Asap	NVE
		Asap	NVE

Punkt:	Sak:	Frist/ Utført:	Ansvar
•	NO informerte om at framdriftsplanen må justeres når man har det fulle overblikket over kommende prosess. Det gjenstår en del avklaringer med departementet.		Norconsult
<i>Innspill/spørsmål:</i>			
•	Innspill fra NVE: <ul style="list-style-type: none"> ○ NVE har av departementet fått beskjed om å starte arbeidet, men det er usikkerhet rundt hvor formalisert dette er. ○ Tidlig i prosessen har NVE meldt inn kostnader på 350-400 mill. kr. ○ Dette er det største prosjektet NVE har hatt. ○ Blir trolig prosjektløyving, ikke gjennom budsjett. ○ NVE ønsker at arbeidene som pågår bør fortsette uavh. av evt. prosjektmodell og KVU osv. 		
•	Diskusjon rundt hva som er bestilt fra departementet. NVE vurderer at det er best mulige drenering av fjellet som er oppdraget. Norconsult vurderer at historikken frem til der vi står nå, må beskrives bedre i det videre arbeid.		
•	Risiko er vurdert tidligere i ulike rapporter, f.eks. i DSB sin risikovurdering; er dette ikke tilstrekkelig? <ul style="list-style-type: none"> ○ Svar fra NO: Vi mener at man må gjøre et forsøk på å vurdere kostnader og nytte (reduert risiko for skred) ved de tre ulike konsept. Første steg vil være å vurdere dreneringseffekt av de ulike tiltakstypene, lage et kostnadsoverslag for tiltakene og deretter gjøre en kost/nytte-vurdering. Man må følge utredningsinstruksen og rundskrivet for samfunnsøkonomiske analyse. Dreneringstunnel er et svært dyrt tiltak, og det må dokumenteres hvis de to andre typene tiltak ikke vil gi en god nok effekt over tid. 		
<u>Prioriteringsområder for drenering</u>			
Viser til aktuelle lysbildeark i presentasjonen.			
<u>Om verifisering av tiltakene</u>			
Viser til aktuelle lysbildeark i presentasjonen.			
<i>Innspill/spørsmål:</i>			
•	Vannføring / "volum ut" er det som er enklest å måle mht. at anleggsfasen har nådd sine mål, men man bør også ha mål / formening om senkning av grunnvannstrykket og evt. bevegelseshastighet som en del av verifiseringen.		
•	Bevegelse og vanntrykk blir brukt andre steder til å evaluere tiltakene.		
•	De vurderinger som er gjort ift. risiko er veldig grovt. NVE v/Blikra: Vil tone ned disse pga. store usikkerheter. Ta heller inn effekter man har hatt internasjonalt, erfaringsbasert.		

Punkt:	Sak:	Frist/ Utført:	Ansvar
1	Presentasjon av alle konsept med eventuelle underalternativer		
Viser til presentasjon. Løsningene er godt kjent for møtedeltakerne, og det er generelt lite spørsmål.			
<i>Innspill/spørsmål:</i>			
	<ul style="list-style-type: none"> Kontrollspørsmål fra Sindre (Norconsult): Kan et mindre tunneltverrsnitt vurderes? Til og med kanskje vurderes som et eget alternativ? Svar fra Torbjørn og Nicole: Nei, det er ikke et realistisk alternativ. Det kan være vel så dyrt å legge opp til en tunnel hvor konvensjonelt utstyr ikke kan brukes. Videre må tverrsnittet være slik at borerigg for boring av dreneringshull fra tunnel kan komme inn, og at overvåking og vedlikehold av instrumenteringen kan foregå på en både trygg og hensiktsmessig måte. Oppfølging: Enighet om at dette må beskrives og dokumenteres bedre i fase 1-rapporten. 	1.nov.	Norconsult
	<ul style="list-style-type: none"> Spørsmål til om det er knyttet usikkerhet til om utførelse av noen av tiltakene kan utløse skred. Svar fra Norconsult: All erfaring og kunnskap tilsier at det ikke er økt fare for at utførelse av sprengningsarbeider vil medføre økt risiko for at skred kan utløses. Det er lagt til grunn forsiktig sprengning (NB: dette vil ha en prismessig konsekvens ved utførelse). Størst risiko er knyttet til vann på avveier. Risiko for vann på avveier er knyttet til grøfter og dreneringshull. Dreneringshull har størst usikkerhet og tunnel har minst usikkerhet ift. å gjøre ting verre. 		
2	Beslutning – tunnel		
Gjennomgang av beslutningsmatrise med etterfølgende diskusjon.			
<i>Innspill/spørsmål:</i>			
	<ul style="list-style-type: none"> Tilbakemelding fra NVE: Ønske om å bruke en annen fargeskala enn rød-gul-grønn. Rød oppfattes som ikke mulig (rødt signaliserer stopp). Enighet om å endre fargene. Blikra påpeker at f.eks. tre nyanser innenfor samme farge, slik som Norconsult foreslår, kan være vanskelig å lese for fargeblinde. Norconsult vurderer fargeskalaen. Dette endres i fase 1-rapporten innen levering. <i>Etterskrift: rød er endret til oransje.</i> 	Innen 1.nov	Norconsult
	<ul style="list-style-type: none"> Innspill fra NVE: Avgjørende å tenke på hvor folkene som driver med overvåking skal inn. Argumentasjon med kjørelengder til driftspunkt: Ulike meninger hos NVE. 		
	<ul style="list-style-type: none"> Bunnen av dreneringstunnelen som vi har skissert fram til i dag trenger ikke være bunnen i det ferdige konseptet. 		

Pun	kt:	Sak:	Frist/	Utført:	Ansvar
		<ul style="list-style-type: none"> • Tunnel i nedre del: Sist i prioritering • Atkomst til midtre del gir størst mulighet for å kutte byggetid. • Tunnel til midtre del mest aktuelt: Mulighet for tidligere effekt. • Ikke behov for tunnelarm over baksprekk mht. drenering, kun for kobling mot grøfter. • Midtre alternativ fremstår som det mest fleksible alternativet. • Innspill fra NVE: Ønskelig å se alternativene i kombinasjon med andre tiltak. Ønskelig å avvente med beslutning til i morgen etter gjennomgang av kombinasjonsmuligheter. <p>Beslutning:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Det utsettes til i morgen å ta beslutning. 			
3		<p>Beslutning - Påhugg</p> <p>Norconsult hadde oversendt forslag til utfylling av beslutningsmatrise. Norconsult sin innledende faglige vurdering av de tre påhuggsalternativ er veldig entydig. Høghaugen sør kommer best ut på alle punkt. Beslutningsmatrisen ble gjennomgått i fellesskap. Ingen endringer ble gjort.</p> <p><i>Innspill/spørsmål:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • NVE er opptatt av godt samarbeid med grunneier. Viktig å ta vare på grunneier sine interesser. Høghaugen nord fremstår unødvendig nær tunet. NVE ser ingen fordeler med det alternativet. • Det diskuteres om Nakken bør være med videre, selv om det faglig sett fremstår som et klart dårligere alternativ enn Høghaugen sør. NVE er bekymret for hva som skjer om grunneier endrer sin ellers positive innstilling til et påhugg nær gården. • Det diskuteres om det bør lages en full KU for alle tre alternativ, evt. bare for to (Nakken og Høghaugen sør). Norconsult vurderer at planprogrammet muligvis bør fravikes. Det virker ikke beslutningsrelevant å lage KU for alle tre alternativ beskrevet i planprogrammet. Fagansvarlig for landskap, naturmangfold og kulturmiljø har vært på befaring. Enighet rundt dette. Å fravike planprogrammet bør diskuteres med Stranda kommune (som har fastsatt planprogrammet). Må vurderes om Statsforvalter og fylkeskommune skal involveres. • Fysisk møte med grunneieren er avtalt. Bør avtales møte med kommunen samtidig. 			<p>Ila. november NVE/NO</p> <p>Ila. november NVE</p>

Punkt:	Sak:	Frist/ Utført:	Ansvar
Beslutning:			
<ul style="list-style-type: none"> • Forutsatt at grunneieren fremdeles er positiv når detaljer forelegges i et møte i løpet av november, ønsker NVE å gå videre med bare Høghaugen sør som påhuggsalternativ. • Det diskuteres med kommune og sektormyndighet hvilken prosess som er ønskelig rundt dette. 		11a. november	Norconsult
4	Dag 2: Tirsdag 22.oktober - Radisson Blu Gardermoen		
08:00-09:00: Beslutning rundt videre arbeid for dreneringsgrøfter (kap.7 i rapport)			
<ul style="list-style-type: none"> • Gjennomgang av vurderingsmatrise v/Katherine • Innspill og diskusjon v/alle • Beslutning – videre arbeid med grøfter i fase 2 			
09:00-09:10: PAUSE			
09:10-10:10: Beslutning rundt videre arbeid for dreneringshull (kap.7 i rapport)			
<ul style="list-style-type: none"> • Gjennomgang av vurderingsmatrise v/Nicole • Innspill og diskusjon v/alle • Beslutning – videre arbeid med dreneringshull i fase 2 			
10:10-10:20: PAUSE			
10:20-11:30 Kombinasjon av tiltak			
<ul style="list-style-type: none"> • Diskusjon rundt kombinasjon av tiltak • Diskusjon rundt rekkefølge • Diskusjon rundt tidsaspekt 			
11:30-11:40 PAUSE			
11:40-13:00: Oppsummering og veien videre			
<ul style="list-style-type: none"> • Oppsummering • Anbefalinger knyttet til videre arbeid og optimalisering • Oppstart av fase 2 og/eller KVVU-arbeid jf. statens prosjektmodell • Eventuelt 			
5	Beslutning - Grøfter:		
Gjennomgang av beslutningsmatrise med etterfølgende diskusjon.			
<p>Det vurderes av Norconsult som vanskelig/ikke ønskelig å forkaste alternativ (alternativ 2 eller 3) på nåværende tidspunkt. Det er nødvendig med både grunnundersøkelser, samt befaring av bekk mot øst før man kan beslutte hvilke grøfter som er mest ønskelige. Er også ønskelig at kommende entreprenører har påvirkningsmulighet ifm. grøfteplassering. Det foreslås at begge alternativer tas med videre som ytterpunkter til plassering.</p>			
<p>Avledning av vannet til en bekk øst for skredområdet - det er viktig at det er et definert punkt vannet ledes til. Hvis vannet ledes til bekken som er målpunktet per nå, kan det være behov for sikring nedover i bekketraseen – denne bekken</p>			

Punkt:	Sak:	Frist/ Utført:	Ansvar
<p>er ikke skåret ned i terrenget og Norgeskart viser at bekken er "usammenhengende". Hvis vannet skulle gå på avveie nedstrøms utslippspunktet, skal man være helt sikker på at vannet ikke renner tilbake inn i skredområdet. Basert på kartstudiene ser det helt fint ut for alternativ 2, men det er litt mer usikkerhet tilknyttet hvor alternativ 3 er skissert fordi det er litt lengre opp og dermed større sannsynlighet for at vann vender seg litt mer mot vest (løsbart, men må ses nærmere på). Det kan også være fare for jordskred / flomskred lengre ned i bekketraseen. Dette må vurderes nærmere. Å avlede til Heimstrestreket betyr ca. 200 m lengre grøftetrasé, og dette må vurderes opp mot usikkerhet og behov for omfattende sikring hvis vannet ledes til den nærmeste bekken i øst. Det er ikke åpenbart at Heimstrestreket vil føre til en større kostnad og/eller byggetid etter man har vurdert kapasiteten i de to bekkene og behov for ytterlige sikring.</p>			
<p>Den vestre av de markerte avrenningsveiene over baksprekken (se slide nr. 28 i tilhørende presentasjon) definerer absolutt nødvendig område som må nås for avledning av vann i grøftene. Dette er dekket av både alt. 2 og 3. Grøftene videre mot vest (alt. 2) er svært usikre. Her er det større risiko for at man ikke samler vann som forventet, og det ser ut til å være mer løsmasse / ur i dette området enn ellers langs traseene.</p>			
<p>Hvis bekkeinntak for drenering ned til tunnel skal inn som en løsning, må det være plass for å plassere dem "oppstrøms" / ovenfor avskjæringsgrøften. Det er ca. 3 hovedavrenningsveier over baksprekken som man vil sikte mot. Den viktigst er den vestre av disse.</p>			
<p>Hensikten med å etablere grøfter først er at man får dreneringseffekt før dreneringstunnelen kommer på plass. Bekkeinntak er tenkt enten som erstatning til grøftene, men som vil ha påvirkning på tidsaspektet fordi man må vente lengre før dreneringen igangsettes, eller som et supplement til grøftene, hvor bekkeinntakene kommer senere og med hensikten av å redusere usikkerheten mht. drift og framtidig vedlikehold.</p>			
<p><i>Innspill/spørsmål:</i></p>			
<ul style="list-style-type: none">• Kommentar fra NO vedrørende kommende reguleringsplan: Vi vil høyst sannsynlig ikke regulere inn eksakt plassering av grøfter, men regulere inn en skravur (f.eks. et bestemmelsesområde) hvor det beskrives at man innenfor området kan etablere grøfter (og bortledning av vann mot bekk).• Kommentar fra NVE: Viktig å vurdere grøfteoppbygging for å minimere behovet for innflyvning av singel. Viktig at grøfter er tett. Norconsult svarer at dette skal detaljeres i fase 2.• Behov for / metode for tetting kan påvirke valg av grøfteprofil.• Startpunkt og slutt punkt for grøftene kan trolig begrenses ganske raskt.• Grøftetype kan trolig begrenses ganske raskt.• Bekk i øst: Behov for analyse av flomveier + befaring.			

Punkt:	Sak:	Frist/ Utført:	Ansvar
<ul style="list-style-type: none"> • Kommentar fra NO: Mulig å tette og/eller injisere hvis man ser at berget er veldig oppsprukket. • Innspill til vurderinger videre: hvordan er plassering av grøftene iht. prioriteringsområder for drenering? Norconsult viser dette på kart i fase 1-rapporten. • Sammenligne nedbørfelt fra den nærmeste bekken i øst og Heimstrestreket med nedbørfeltstørrelse for grøfter. Hva har dette å si for tiltaket videre? Kapasitetsberegninger inngår i neste fase. • Avgrensning av nedbørfelt er usikkert i terreng som Åknes. Dette må komme tydelig fram. <p>Beslutning:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Grøfter som tiltakstype er med videre. Eksakt plassering bestemmes først senere. 			
<p>6 Dreneringshull: Gjennomgang av beslutningsmatrise med etterfølgende diskusjon.</p> <p><i>Innspill/spørsmål:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • NVE påpeker at det har vært store utfordringer med boringer tidligere, hovedsakelig pga. oppsprukket bergmasse med åpne sprekker. Dette har spesielt vært tilfelle for boringer i midtre/øvre deler av skredområdet. • NVE mener at det er fare for at vann som dreneres fra dypere lag ikke følger dreneringshullet hele vegen ut i dagen, men i stedet renner tilbake til skredområdet i den oppsprukne bergmassen nærmere overflaten. Dette forhold er ikke mulig å ha kontroll over, og vann på avveie nye steder inne i aktiv sone kan potensielt føre til trykkoppbygging nye steder, noe som vurderes å være en betydelig fare. Norconsult er enig i dette. • Det er spesielt for borehull oppe i fjellsiden stor usikkerhet knyttet til system for bortledning av det vann som dreneres ut, fordi området er veldig bratt og utsatt for snøskred. Det vurderes å være en betydelig risiko for vann på avveier i det ustabile partiet i forbindelse med bortledning av vannet. • Det er ikke kjent at det er boret dreneringshull inne i ustabile partier andre plasser i verden. • Borehull i fotsonen er ønskelig fordi man kan komme raskere i gang med å få ut vann sammenlignet med etablering av tunnel. 			

Punkt:	Sak:	Frist/ Utført:	Ansvar
Beslutning:			
<ul style="list-style-type: none">NVE ønsker å forkaste alternativet med borehull i det ustabile området – det er for mye usikkerhet knyttet til dette alternativet (både når det gjelder gjennomføring og ikke minst vann på avveier). Man vil ved dette alternativet risikere å bygge opp trykk nye steder, og risikoen for å øke bevegelsen er til stede. Norconsult er enige. Det besluttes å forkaste alternativet med borehull i det ustabile partiet.Borehull i fotsonen under det ustabile partiet tas med videre.			
7	Kombinasjon av tiltak		
Diskusjon omkring kombinasjoner av tiltak.			
<ul style="list-style-type: none">Det er ønskelig med bredde i tiltak; dette vil redusere usikkerheten til enkelttiltak.Det er ønskelig å ha med grøfter som tiltak, det antas å være gunstig å avskjære overflatevannet.Grøfter er ikke aktuelt som eneste tiltak fordi disse ikke dekker vestre del og de får ikke fanget overflatevann inne i selve skredområdet. Det er stor usikkerhet knyttet til effekt av grøfter – større usikkerhet enn tunnel.Tunnel vet vi fungerer godt. Dreneringstunnel er en velprøvd metode og internasjonale erfaringer tilsier at dette fungerer. Tunnel er både antatt og erfart å være et robust tiltak.Målinger siste par år viser utvikling i skredområdet. I forhold til tidsaspektet bør etablering av grøfter starte før tunnel.Grøftene kan ev. senere kombineres med tunnel (f.eks. ved bekkeinntak i hovedbekkene).Hvis det er aktuelt med kobling mellom grøfter og tunnel er det behov for tilpasset design. Dette gjelder både tunneltrasé (ekstra tunnelarm over baksprekken) og utforming av grøfter (f.eks. avsette plass til framtidige bekkeinntak). Tunnelarmen over baksprekken vil både ha en drenerende effekt (men utenfor prioriteringsområde) og gi mulighet for kobling mot grøfter. Viktigst å drenere i skredområdet, og denne tunnelarmen vil kun være relevant dersom aktuelt med kobling til grøfter.Samtidig oppstart grøfter og dreneringshull i nedre del vurderes som aktuelt, og antas akseptabelt mht. arbeidssikkerhet, spesielt siden grøftene starter i øst og aktuelt borested ligger mot vest. Mer detaljerte vurdering må bekrefte antakelsen.			

Punkt:	Sak:	Frist/ Utført:	Ansvar
Beslutning:			
<ul style="list-style-type: none"> Tunnel må være med som tiltak uansett (vi har da bare ett konsept). Aktuelle kombinasjoner: 			
Avskjæringsgrøfter	Avskjæringsgrøfter		
Tunnel i prioriteringsområde 1 og 2	Tunnel i prioriteringsområde 1, 2 og 3 (hele veien ned)		
Dreneringshull i nedre del	Dreneringshull i nedre del		
<ul style="list-style-type: none"> Hvis tunnelen går helt ned i bunnen under det ustabile partiet, bør det være rømningsutgang (på terrenghyllen i skogen) hvor også dreneringsvann kan ledes ut. Rømningsutgang må vurderes nærmere. Ønskelig med grøfter; de tar vekk overflatevann. 			
Diskusjon rundt trasé for atkomsttunnel.			
<ul style="list-style-type: none"> Mange fordeler med å komme inn med atkomsttunnel til midtre del av skredområdet. Dette alternativet gir størst mulighet for å kutte byggetid og dermed mulighet for tidligere effekt. 			
Beslutning:			
<ul style="list-style-type: none"> Norconsult jobber videre med optimalisering av en atkomsttunnel som går inn i midtre del av skredområdet, samt tunneltrase i skredområdet som er optimalisert for dette. 			
8	Oppsummering og veien videre		
<p>Diskusjon rundt stabilitetsanalyser; stabilitetsanalysene som tidligere er gjort var kompliserte og tidkrevende. Fremdeles stor usikkerhet knyttet til disse modellene. En ny modell eller oppdatert modell vurderes ikke å gi mer verdi – det vil uansett være stor usikkerhet knyttet til disse. Viktigste vil være verifisering basert på erfaringer.</p>			
<p>Grunnundersøkelser over baksprekk aktuelt sesongen 2025. Norconsult anbefaler at arbeidet med å planlegge grunnundersøkelser startes opp innen kort tid. Det tar både tid å planlegge disse undersøkelsene, samt å få avtale med utførende. Grunnundersøkelser i påhuggsområdet aktuelt, men ikke antatt kritisk, dette kan også utsettes til detaljprosjektering. Ev. behov for undersøkelser ifm. skredvoller avklares med fagansvarlig skred.</p>			
Supplerende data: Nedbørsdata og grunnvannsmålinger. Konkretiseres og etterspørres skriftlig i etterkant av møtet.		Ila. nov	Norconsult

Punkt:	Sak:	Frist/ Utført:	Ansvar
<p>Kommentar fra NVE: For grøftealternativet ønskelig at det vises hvilken forskjell i nedbørsfeltareal som dekkes av alt. 2 vs. alt. 3, samt hvilken prosent av nedbørsfeltareal som ikke fanges opp hvis grøfter ikke er etablert i vestre del av alt. 2.</p>			
<p>Ønskelig med fysisk møte også i fase 2. Må planlegges.</p>			
<p>Statens prosjektmodell</p>			
<p>NVE vurderer at det ikke er flere konseptuelt forskjellige alternativ. Dreneringstunnel er hovedkonseptet, og avskjæringsgrøfter og dreneringshull i fotsonen ønskes inkludert i tiltakspakken da det vil være mulig å starte ut med disse før tunnelen er på plass. Det er påregnelig at grøfter og dreneringshull vil få redusert funksjonaliteten sin/effekt over tid. Dreneringstunnel er det eneste pålitelige, trygge og velutprøvde dreneringstiltaket.</p>			
<p>NVE holder på at kostnadene ved tiltaket ikke er avgjørende. Det er effekten som er avgjørende. NVE mener at samfunnsnyttien vil være så stor at prisen ikke er avgjørende. NVE er enige i at det må lages en samfunnsøkonomisk analyse, i en eller annen form, uavhengig av om man får fritak fra KVU eller ikke.</p>			
<p>NVE ønsker å undersøke med Energidepartementet om de kan søke unntak fra kravet om KVU og KS1 (når det ikke er konseptuelle forskjellige alternativ – og det i øvrig haster med å få på plass dreneringen).</p>			NVE
<ul style="list-style-type: none"> • NVE må i tilfelle undersøke med Energidepartementet om de har de nødvendige beslutninger og mandat på plass for å starte forprosjekt og reguleringsarbeid, og om utarbeidet samfunns mål kan brukes videre. 			NVE
<ul style="list-style-type: none"> • Hvis man ikke blir enige om unntak fra KVU og KS1 må det på plass en bestilling på KVU fra departementet 			NVE
<p>Norconsult lager en endringsmelding knyttet til dette arbeid når det er klart om det søkes om unntak fra KVU og KS1-kravet, og det er mer avklart hvordan en samfunnsøkonomisk analyse skal gripes an.</p>			Norconsult
<p>Det lages ny fremdriftsplan når den videre prosessen er avklart.</p>			Norconsult